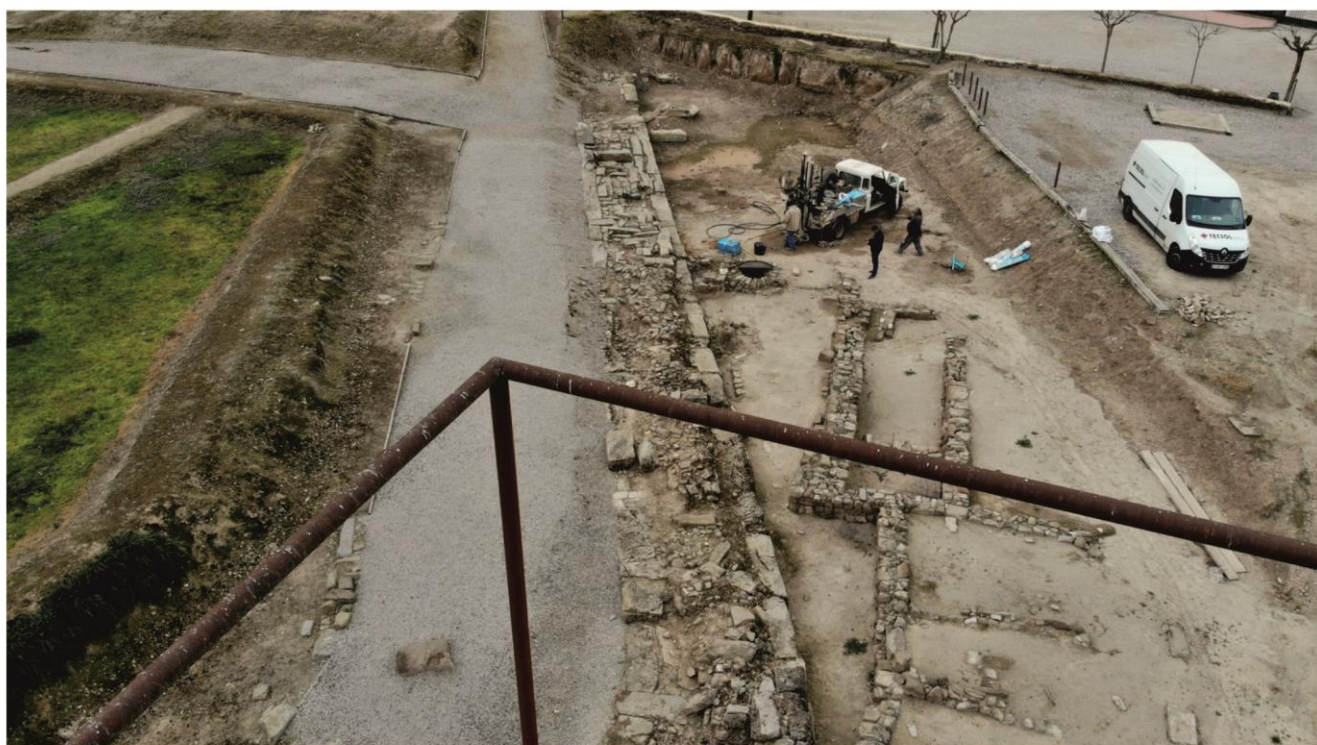


ESTUDI HIDROGEOLÒGIC DEL PARC ARQUEOLÒGIC DE GUISSONA, LLEIDA



DESEMBRE 2023



INDEX

1. INTRODUCCIÓ – OBJECTIUS

2. TREBALLS REALITZATS

3. SITUACIÓ GEOGRÀFICA DE L'EMPLAÇAMENT

4. MARC GEOLÒGIC – HIDROGEOLÒGIC

4.1. DESCRIPCIÓ GEOLÒGICA

4.2. HIDROGEOLOGIA

5. INVESTIGACIÓ DE DETALL

5.1. PROFUNDITAT NIVELL FREÀTIC

5.2. ASSAIG DE BOMBAMENT

6. RECOMANACIONS GESTIÓ AIGÜES SUBTERRÀNIES

ANNEX 1. Dades de nivells piezomètrics “NF_parc_arqueològic_guissona.pdf”

ANNEX 2. Dades assaig de bombeig i recuperació “ASSAIGS_parc_arqueològic_guissona.pdf”

1. INTRODUCCIÓ - OBJECTIUS

La present memòria es redacta per tal de donar resposta a l'oferta número 22020-PI-05 Parc Arqueològic Guissona V2.pdf" presentada a l'Ajuntament de Guissona en el marc dels treballs de investigació Geotècnica del subsòl per a la construcció de un nou equipament al Parc Arqueològic de Guissona, així com per a la redacció d'un Estudi Hidrogeològic de l'emplaçament que ajudi a la definició de les actuacions a realitzar en el Parc Arqueològic de Guissona i la seva gestió de les aigües subterrànies emergents.

L'Estudi Geotècnic ha estat redactat en un altre document referenciat com a "G.3521.2021 Estudi Geotècnic per a les obres de fonamentació d'un edifici d'oficines i exposicions al Museu de Guissona".

Els objectius marcats en el present treball han estat donar resposta a:

- Context geològic i hidrogeològic del Parc Arqueològic de Guissona
- Descripció de detall de la columna estratigràfica de l'emplaçament
- Condicions hidrogeològiques locals
- Recopilació de dades en continu del nivell freàtic
- Assaig de bombament i resposta del medi
- Recomanacions de gestió de les aigües subterrànies emergents

Per a assolir els objectius proposats, s'han posat a disposició del present treball els recursos tècnics i materials disponibles i necessaris per a la correcta investigació, presa de dades i interpretació de les mateixes.

Els treballs d'investigació i presa de dades s'han fet durant els anys 2021 fins a 2023.

2. TREBALLS REALITZATS

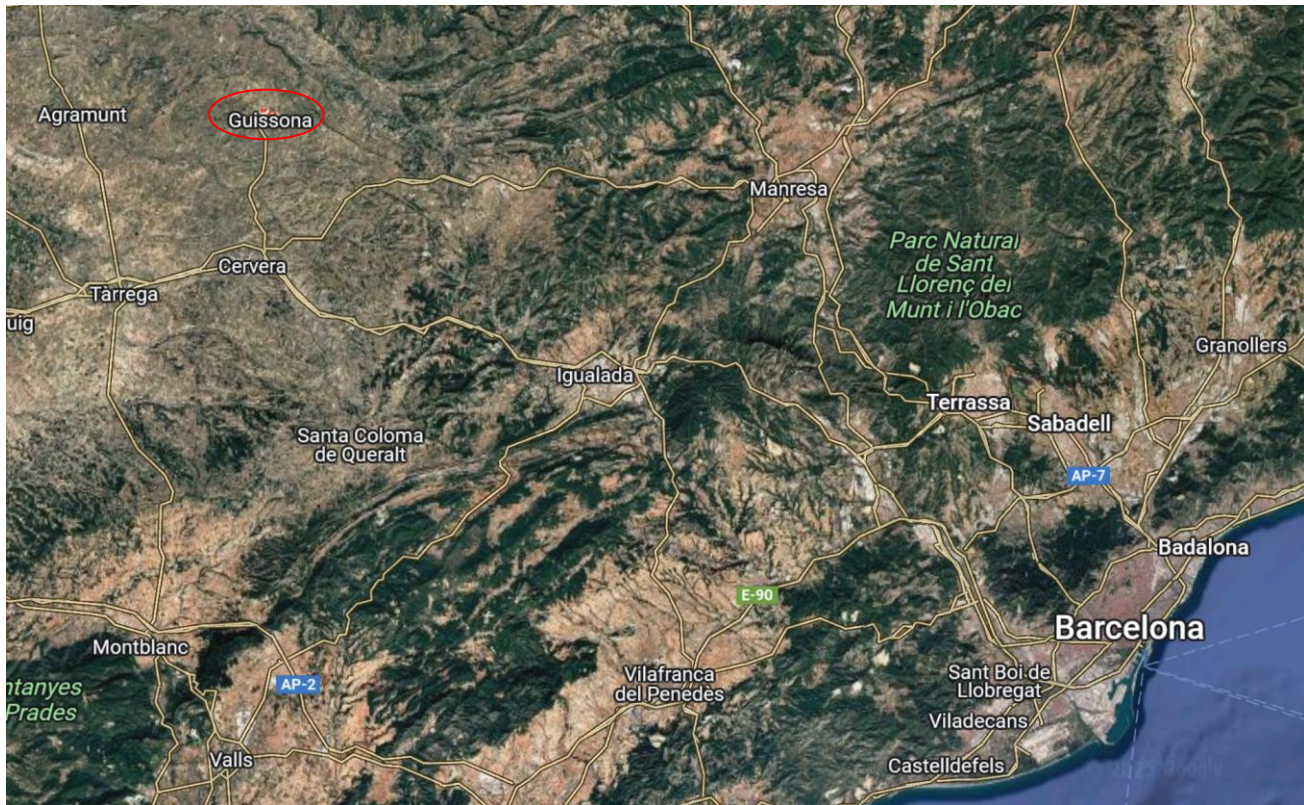
Els treballs realitzats per el conjunt del projecte han estat:

- 2 sondeigs a testimoni continu a 13 i 7 metres de profunditat per a el reconeixement geotècnic.
- Assaigs SPT, mostres inalterades i assaigs de laboratori de mecànica del sòl per a geotècnic.
- 1 Assaig penetromètric tipus DPSH per a Geotècnic
- 3 sondeigs amb instal·lació de piezòmetres i arqueta de registre a 4, 10 i 6 metres de profunditat per a l'estudi hidrogeològic.
- Instal·lació de 2 mesuradors de nivell continu de la profunditat del nivell freàtic i temperatura en 2 piezòmetres (levelloggers).
- Instal·lació de 1 mesurador en continu de la pressió atmosfèrica (barologger) en 1 piezòmetre.
- Presa de dades del nivell freàtic i temperatura en 2 piezòmetres de manera automàtica i contínua durant 420 dies
- Assaig de bombament i recuperació del nivell freàtic.
- Redacció de les memòries corresponents.

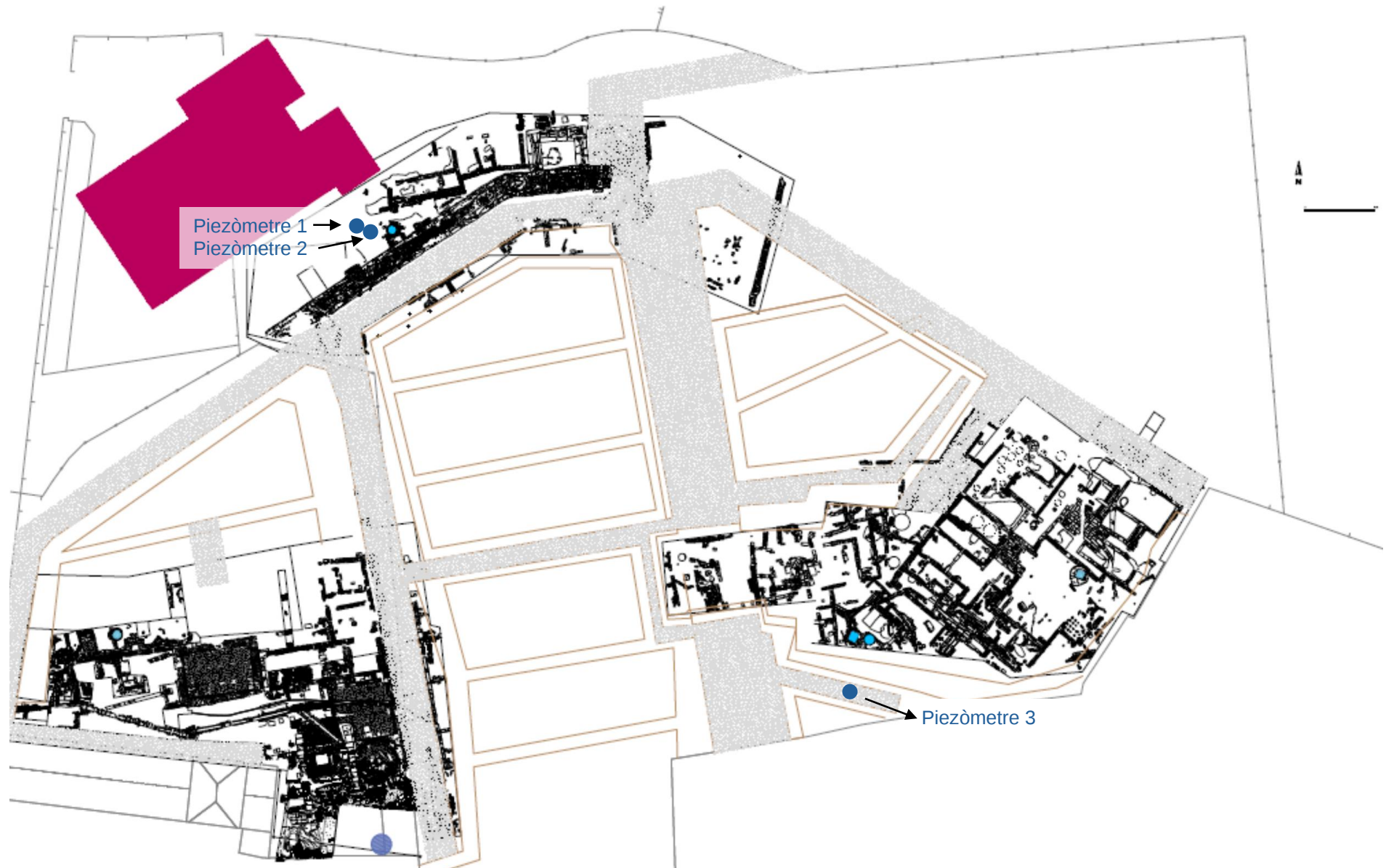
Per a la realització dels treballs indicats s'han fet servir els següents equips principals:

- Màquina de perforació TP30 muntada sobre land Rover Defender
- Sonda de nivell de profunditat de l'aigua.
- Canonada piezomètrica de 2" ranurada de fàbrica.
- Arquetes d'acer
- Bomba submergible i mànegues associades.
- Mesurador de cabal en continu.
- 2 Levellogger marca Solinst model LT F65/M20
- 1 Barologger marca Solins model LT M1.5

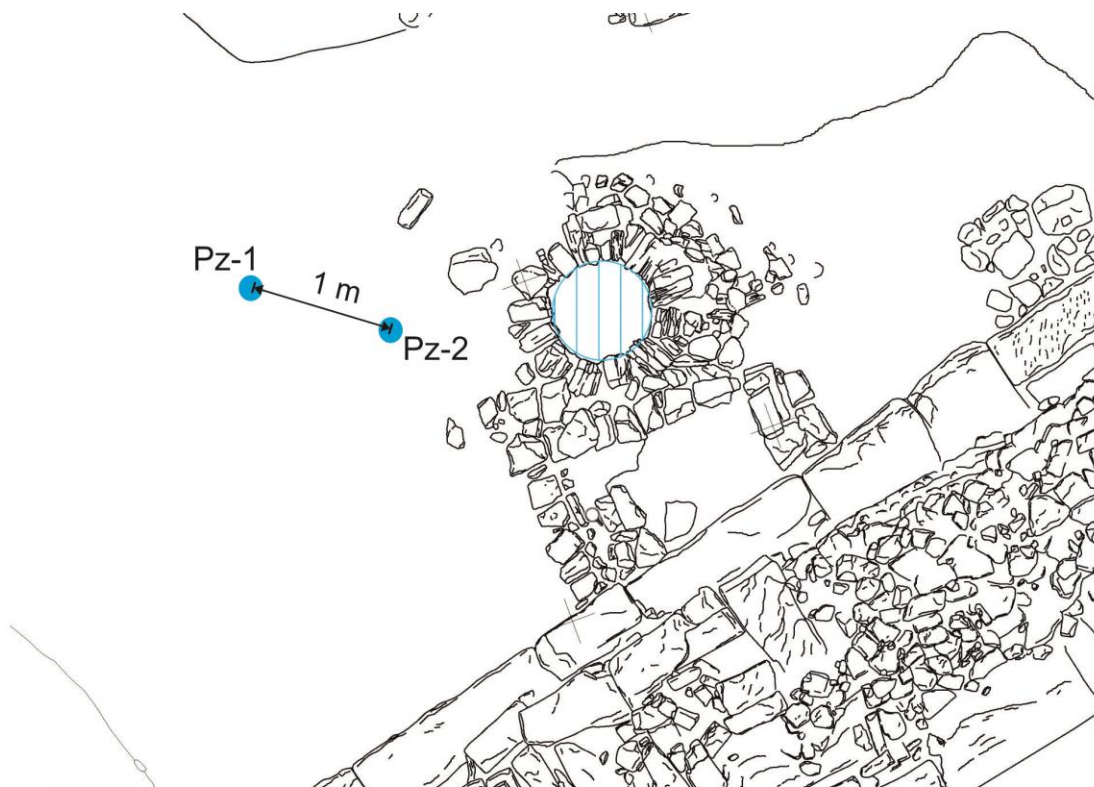
3. SITUACIÓ GEOGRÀFICA DE L'EMPLAÇAMENT



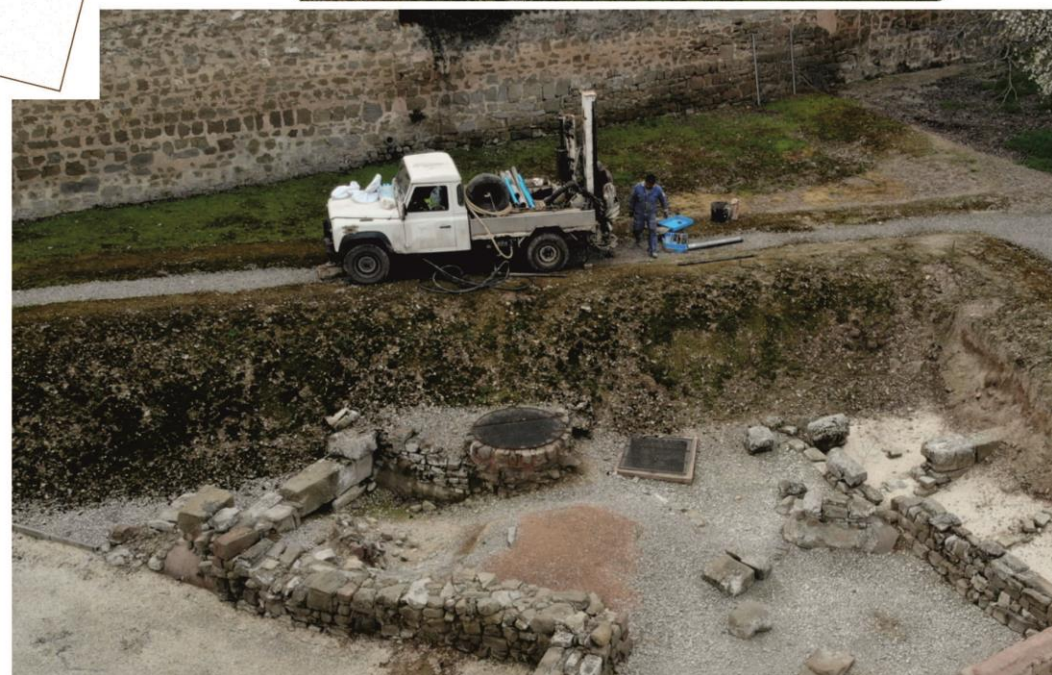
En la següent figura es situen els punts d'investigació dins el parc arqueològic.



Situació piezòmetre 1 i 2:



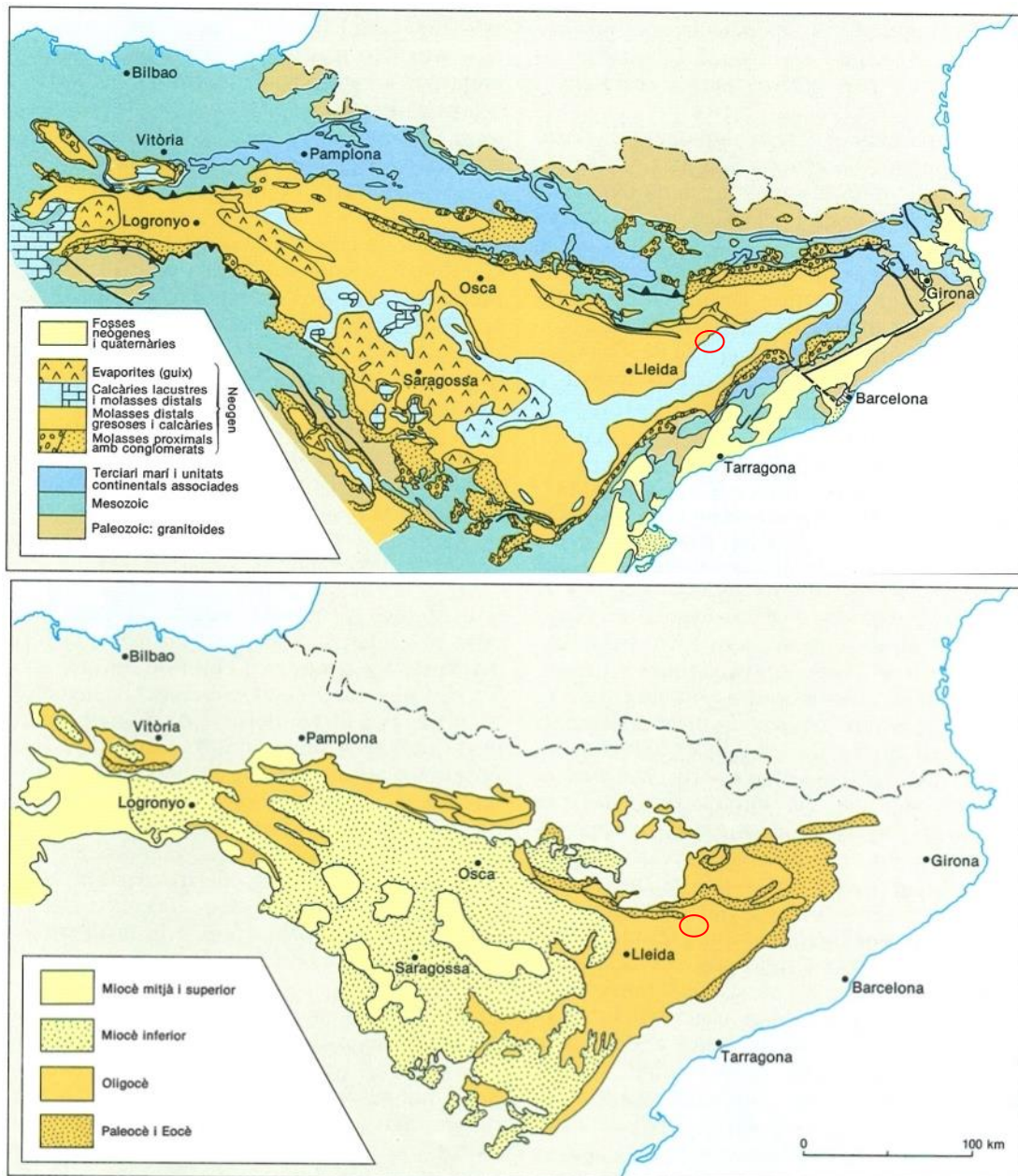
Situació piezòmetre 3:



4. MARC GEOLÒGIC – HIDROGEOLÒGIC

4.1. DESCRIPCIÓ GEOLÒGICA

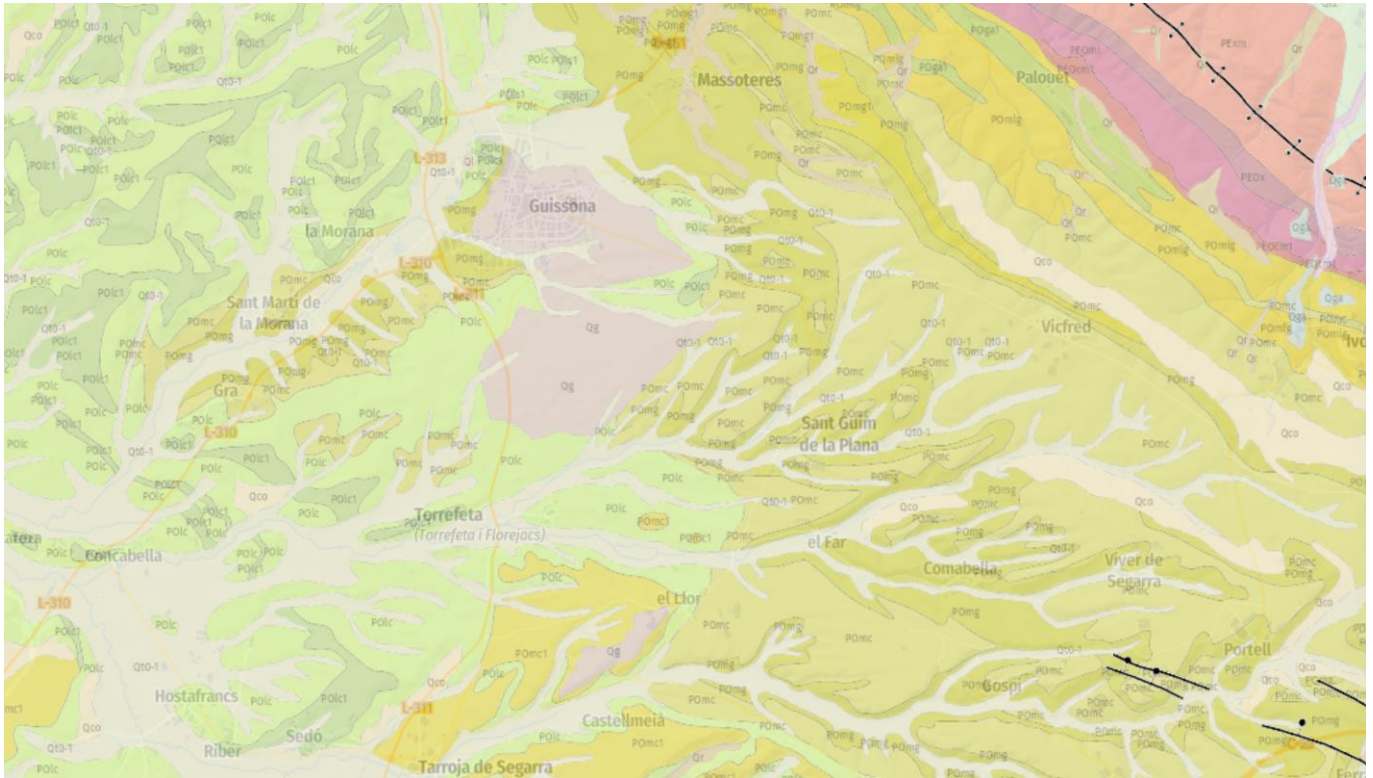
La població de Guissona està ubicada a la depressió central catalana, marge oriental de la depressió de l'Ebre, formant part de la Depressió Central Catalana.



Mapes generals de la Conca de l'Ebre. A dalt, distribució superficial de les unitats principals litològiques de la depressió de l'Ebre. A baix, mapa d'edats de les formacions continentals de la depressió de l'Ebre i conques veïnes.

Biopunt, originals d'O. Riba

Si entrem en detall en la geologia de Guissona, es troba representada per materials del Terciari (Oligocè), i del Quaternari (Pleistocè i Holocè), així com reblerts antròpics en la zona de població, com es pot veure en el mapa de detall de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.



Font: visor Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Durant el Terciari, a la Depressió Central Catalana s'acumulà una potent sèrie sedimentària de varis milers de metres de potència que va migrar cap el sud durant el seu reblert. La sedimentació va ser essencialment marina fins a finals de l'Eocè, moment a partir del qual s'instaurà un règim endorreic. Aquesta situació es va mantenir durant la major part de l'Oligocè i Miocè. A finals del Neogen es produí l'obertura de la Depressió de l'Ebre cap a la Mediterrània, iniciant-se un buidat per erosió de la zona.

Els diferents estrats es disposen monoclinament cabussant lleugerament cap el sud-oest formant part del flanc sud-oest de l'anticlinal de Sanaüja.

L'estratigrafia de la zona es restringeix a materials terciaris i reblerts quaternaris. De més antic a més modern, es descriuen a continuació les diferents unitats diferenciades.

Oligocè inferior

L'Oligocè inferior està representat per una unitat pertanyent a la Seqüència d'Ivorra, per tres unitats pertanyents a la Seqüència de Sant Ramon i per dues unitats pertanyents a la Seqüència de Tàrraga.

Seqüència d'Ivorra

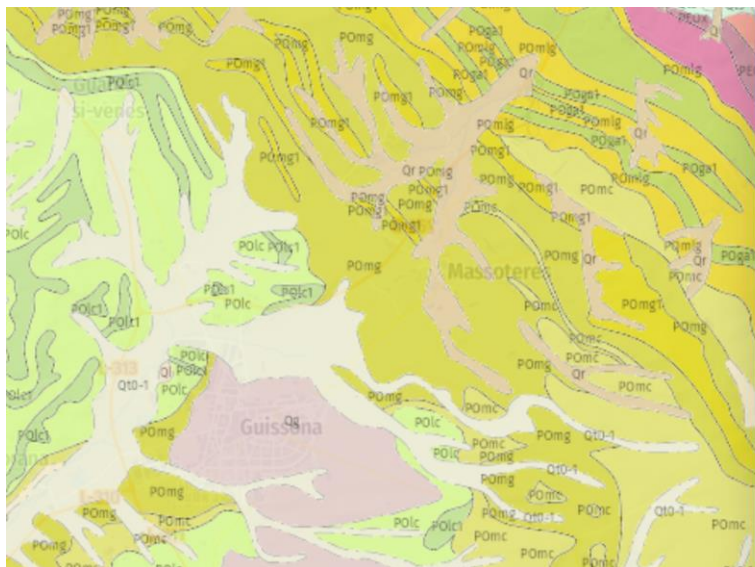
La Seqüència d'Ivorra ve representada per les margues, limolites i gresos (unitat POMlg).

Es compona de lutites vermelloses en les quals s'intercalen capes de gresos i de llims carbonatats.

Les lutites normalment estan bioturbades i, ocasionalment, presenten marmoritzacions.

Els gresos, o bé són canaliformes o bé són tabulars. En el primer cas tenen un gruix màxim d'uns 2 m. S'organitzen en cicles positius de base erosiva, els quals internament contenen superfícies d'acreció lateral. En el segon cas presenten granoclassificació positiva i el seu gruix oscil·la entre 5 i 30 cm, aproximadament.

En conjunt corresponen a fàcies de ventall al·luvial distal. Els paleocanals de gresos, en la seva majoria corresponen a dipòsits de barres de meandre, mentre que les lutites, i els gresos tabulars representen fàcies de plana d'inundació.



Unitats geològiques

Codi	Descripció	Classificació segons litologia i edat	Era geològica
POMlg	Margues, limolites i gresos amb intercalacions de conglomerats. Formació Molassa de Solsona. Oligocè.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC

Són dipòsits situats a la zona nord oest de Guissona.

Seqüència de Sant Ramon

La seqüència de Sant Ramon es troba representada per tres unitats cartogràfiques. Aquestes unitats són intercalacions de gresos i argiles (unitat POMg1), intercalacions de margues, calcàries i gresos (unitat POMg), i margues amb intercalacions de calcàries (unitat POMc).

La unitat POMg1 consisteix en gresos en fàcies canalitzades d'origen al·luvial que s'intercalen entre els materials predominantment lutítics de la unitat POMg. Els bancs de gresos s'organitzen en seqüències positives. La mida de la sorra varia entre sorra de gra groller a sorra de gra fi. Ocasionalment existeixen nivells de microconglomerats de base erosiva i escassa continuïtat lateral. Els paleocanals de gresos es troben separats entre sí per argiles vermelles. Petrogràficament corresponen a litoarcoses amb fragments de feldspats, de calcària i de quars. S'interpreten com el reblert de paleocanals de rius meandriformes.

La unitat POmg està formada per lutites amb coloració vermellosa que presenten intercalacions de gresos canaliformes i tabulars. Les capes sorrenques canaliformes tenen idèntiques característiques que les de la unitat POmg1. Els gresos tabulars són planoparal·leles, presenten una granulometria que oscil·la entre sorra mitja-fina i llim, estan granoclassificades positivament i presenten laminació paral·lela i ripples. Petrogràficament, els gresos es poden classificar com a litarenites feldespàtiques amb matriu calcítica. Tant les lutites com els gresos tabulars, representen les fàcies de desbordament dels paleocanals de la unitat anterior.

Finalment, la unitat POmc correspon a margues amb intercalacions de calcàries, consistent en tres horitzons margocalcaris cadascun d'ells format per una alternança de margues argiloses i calcàries micrítiques. Els nivells margo-argilosos solen estar edafitzats, i en la seva part superior s'intercalen nivells decimètrics de margocalcàries. Els nivells calcaris estan constituïts per capes amb gruix d'entre 10 cm i 5 m. Aquests materials s'organitzen en cicles de fàcies, la base dels quals està constituïda pels trams margo-argilosos i el sostre, pels materials calcaris.

Han estat interpretats com a fàcies lacustre-palustre carbonatades. Petrogràficament corresponen a biomicrites amb oogonis, restes de caràcies, restes d'ostràcodes, d'algues cianofícies i de gasteròpodes.

Unitats geològiques					
Codi	Descripció	Classificació segons litologia i edat	Era geològica	Període geològic	Època geològica
POmg	Margues, calcàries i gresos. Formació Molassa de Solsona. Oligocè.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC	PALEOGEN	OLIGOCÈ
POmg1	Gresos i argiles. Forma part de la Seqüència de Sant Ramon. Oligocè.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC	PALEOGEN	OLIGOCÈ
POmc	Margues amb intercalacions de calcàries. Oligocè.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC	PALEOGEN	OLIGOCÈ

Seqüència de Tàrraga

Les dues unitats de la seqüència de Tàrraga són els termes més antics i estan formats per gresos i argiles (unitat POlc1) i per argiles vermelles i margues grises amb intercalacions de gresos i calcàries (unitat POlc).

Unitats geològiques					
Codi	Descripció	Classificació segons litologia i edat	Era geològica	Període geològic	Època geològica
POlc1	Gresos i argiles. Forma part de la Seqüència de Tàrraga. Oligocè inferior.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC	PALEOGEN	OLIGOCÈ INFERIOR
POlc	Argiles vermelles i margues grises amb intercalacions de gresos i calcàries. Oligocè inferior.	Roques sedimentàries del Paleògen	CENOZOIC	PALEOGEN	OLIGOCÈ INFERIOR

La primera unitat (POlc1) està composta per bancs de gresos de granulometria entre arena fina i arena grollera amb una potència entre 0,5 i 2 m. Presenten base erosiva i són cossos tabulars de considerable extensió lateral. Es troben granoclassificats i localment contenen còdols tous prop de la base. Es troben separats per nivells potents d'argiles vermelles bioturbades.

La segona unitat (POlc) consisteix en lutites vermelloses bioturbades a les quals s'intercalen capes gresoses canaliformes, amb les mateixes característiques que les de la primera unitat, i capes de gresos tabulars de gra fi i molt fi, amb laminació paral·lela i ripples.

Els gresos d'ambdues unitats corresponen, petrogràficament a litoarcoses amb matriu i ciment calcític.

Els sistemes aquífers profunds van associats a aquests materials de l'Oligocè inferior, en les seves diferents fàcies explicades, de manera que n'hi ha que tenen una capacitat d'emmagatzematge més elevada per la presència de fractures, per tant parlem principalment de calcàries (Fm Calcàries de Tàrraga) i altres nivells que són predominantment de materials fins compactats que donen unes característiques de impermeabilitat elevada.

Donat que els sistemes de fractures són els que contenen aigua però estan tapats per fàcies impermeables, és en la zona on aquests materials afloren que es produirà la recàrrega de l'aigua, com veurem més endavant en l'apartat de hidrogeologia.

Pleistocè

El Pleistocè està representat per una única unitat, Qg, corresponent a dipòsits de pendent i fàcies proximals dels ventalls al·luvials formant un piemont on s'assenta la població de Guissona. Es correspon a un dipòsit de gruix petit de 0,5 a 3 m que cobreixen superfícies estructurals de natura calcària.

Litològicament es tracta de llims i argiles bru-grisenques que engloben còdols subangulosos i angulosos de calcàries i eventualment gresos amb mides heterogènies de fins a 20 cm de diàmetre. Els dipòsits es presenten molt desorganitzades i profundament remobilitzats per l'acció antròpica, principalment agrària.

Localment poden incloure carbonatacions nodulars que mai arriben a desenvolupar crostes calcàries. Se'ls hi atribueix edat pleistocena, sense descartar l'existència de processos edàfics que afecten a aquests dipòsits durant l'Holocè.

Unitats geològiques					
Codi	Descripció	Classificació segons litologia i edat	Era geològica	Període geològic	Època geològica
Qg	Peu de mont (enderrocs de pendent i fàcies proximals de ventalls al·luvials). Pleistocè.	Dipòsits sedimentaris del Quaternari	CENOZOIC	QUATERNARI	PLISTOCÈ

Holocè

Les unitats holocenes corresponen a sediments al·luvials i col·luvials dels cursos d'aigua actuals. Entre els dipòsits col·luvials s'ha diferenciat la unitat Qco i Qr, i entre les formacions al·luvials la Qt01 i la Qa..

Unitats geològiques					
Codi	Descripció	Classificació segons litologia i edat	Era geològica	Període geològic	Època geològica
Qco	Dipòsits col·luvials. Argiles amb còdols angulosos dispersos. Holocè.	Dipòsits sedimentaris del Quaternari	CENOZOIC	QUATERNARI	HOLOCÈ
Qr	Dipòsits dels llits actuals de les rieres i dels torrents. Holocè.	Dipòsits sedimentaris del Quaternari	CENOZOIC	QUATERNARI	HOLOCÈ
Qt0-1	Llit actual, plana d'inundació ordinària i terrassa més baixa (0-2 m). Holocè recent.	Dipòsits sedimentaris del Quaternari	CENOZOIC	QUATERNARI	HOLOCÈ
Qa	Dipòsits al·luvials no diferenciats. Holocè.	Dipòsits sedimentaris del Quaternari	CENOZOIC	QUATERNARI	HOLOCÈ

Formacions col·luvials

La unitat Qco correspon a dipòsits col·luvials formats per argiles amb còdols angulosos i subangulosos de calcàries i eventualment gresos i guixos englobats per una matriu limo- argilosa de colors grisos i bruns. Ocasionalment els nivells inferiors de la formació superficial poden estar lleugerament cimentats per carbonat càlcic. El gruix mitjà d'aquests dipòsits és d'uns 3-4 m.

La unitat Qr correspon al llit actual de les rieres i dels torrents.

Formacions al·luvials

La unitat Qt01 correspon al llit actual de la plana d'inundació ordinària i a les terrasses més baixa (0-2m), es troba constituïda per llims arenosos de colors ocres i bruns amb inclusions de graves i còdols (aproximadament d'un 30% de mitjana) de calcàries, i algun gres o guix, subangulosos o subarrodonits, amb escassa organització interna. No presenten cimentacions.

S'ha diferenciat també, la unitat Qa, dipòsits al·luvials no diferenciats.

Reblerts antròpics

Els reblerts antròpics son tot un seguit de dipòsits moderns fruit de l'activitat humana com poden ser carreteres, abocadors, etc, amb nomenclatura Qx-Qxa.

A mode de resum, la següent taula recull de forma sintètica les unitats geològiques identificades en la zona d'estudi:

<i>Època</i>	<i>Unitats geològiques</i>	<i>Descripció</i>
Holocè	Qx -Qxa	Reblerts antròpics i d'abocador
	Qa	Dipòsits al·luvials
	Qt01	Llit actual, plana d'inundació
	Qr	Dipòsits de llits actuals i rieres
	Qco	Dipòsits col·luvials
Pleistocè	Qg	Dipòsits de vessant
Oligocè inferior	POlc	Argiles vermelles i margues grises amb intercalacions de gresos i calcàries
	POlc1	Gresos i argiles
	POmc	Margues amb intercalacions de calcàries
	POmg	Margues, calcàries i gresos
	POmlg	Margues, limolites i gresos

Si ens centrem a la zona del Parc Arqueològic, el dipòsit que trobem són del tipus Quaternari Qg de dipòsits de peudemont, però ja en contacte amb els dipòsits quaternaris del tipus Qt01 del llit d'inundació actual, en aquest cas del Torrent del Passarell entre altres.

Aquests dipòsits poden estar coberts puntualment per reblerts antròpics tipus Qx i habitualment es troben treballats per l'agricultura de la zona, de manera que poden fer difícils de diferenciar entre ells.



Per a veure amb detall la columna litoestratigràfica concreta de la zona de treball en el parc arqueològic, ens basem en els sondeigs realitzats, on s'identifiquen els materials descrits del pleistocè i holocè, així com els materials de l'Oligocè inferior, on es troben els aqüífer profunds.

Es presenten en les següents imatges les columnes dels 3 sondeigs realitzats i habilitats com a piezòmetres de control de les aigües subterrànies, amb la descripció de materials i construcció del piezòmetre.

En total s'han fet per a l'estudi hidrogeològic 3 sondeigs amb les següents profunditats i característiques del terreny i instal·lació de tuberia de control:

	Prof. (m)	Quaternari	Oligocè	Observacions
Pz-1	10.00	0-2.80	2.80-10.20	NF. 1.73 Instal·lat com a piezòmetre per a control profund
Pz-2	4.20	0-2.40	2.40-4.20	NF. 1.84 Instal·lat com a piezòmetre superficial
Pz-3	6.00	0-1.40	1.40-6.00	NF. 4.12 Piezòmetre superficial aïllat dels altres. No relacionat

Com es pot deduir de la taula presentada, els piezòmetres s'han dissenyat de manera diferent segons l'objectiu pretès.

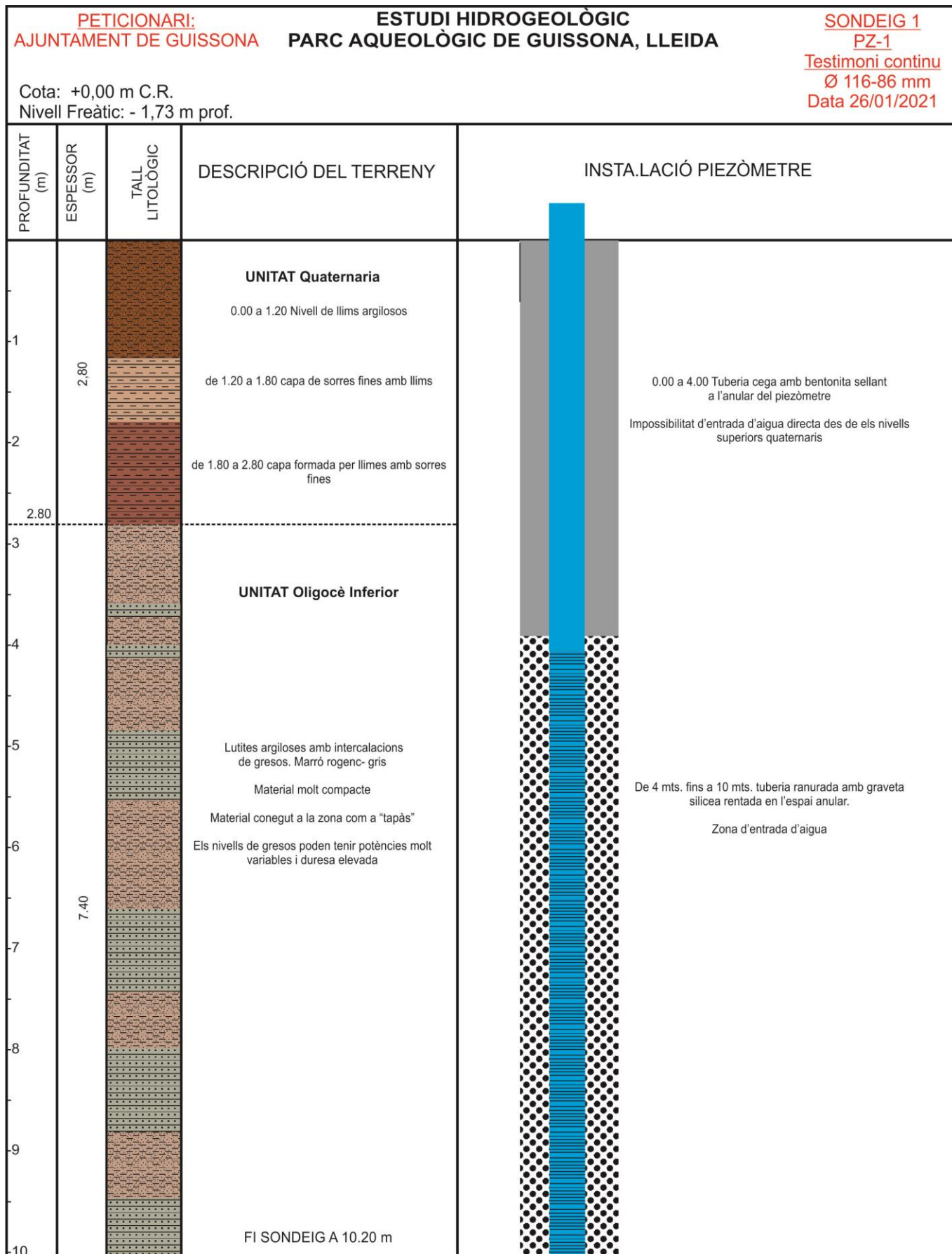
El piezòmetre 1 pretèn tenir control sobre les aigües subterrànies que vinguin de l'ascens de les aigües subterrànies profundes, sense tenir en compte els aportats dels sistemes del quaternari superior.

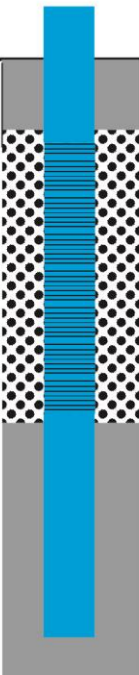
Per contra, el piezòmetre 2 pretèn veure i controlar el nivell més superficial, associat a aigües d'escorrentia o d'escolament i filtració de les aigües subterrànies més profundes.

El piezòmetre 3 s'executa per a veure si hi ha els mateixos nivells a tot el parc, cosa que es veu que no és així, tot i tenint en compte el desnivell topogràfic.

El piezòmetre 1 i 2 es fan propers a un pou obert antic amb nivell d'aigua a cota similar a les dels piezòmetres 3 i 4.

Més endavant s'entrarà en detall en els nivells freàtics.



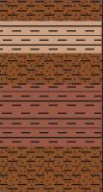
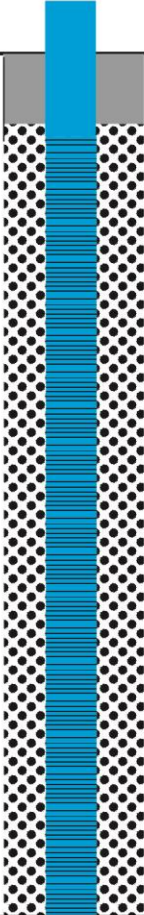
PETICIONARI: AJUNTAMENT DE GUISSONA		ESTUDI HIDROGEOLÒGIC PARC AQUEOLÒGIC DE GUISSONA, LLEIDA		SONDEIG 2 PZ-2 Testimoni continu Ø 116-86 mm Data 26/01/2021	
Cota: +0,00 m C.R. Nivell Freàtic: - 1,84 m prof.					
PROFUNDITAT (m)	ESPESSOR (m)	TALL LITOLÒGIC	DESCRIPCIÓ DEL TERRENY	INSTA.LACIÓ PIEZÒMETRE	
1	2.40		UNITAT Quaternaria	 0.00 a 0.50 Tuberia cega amb bentonita sellant a l'anular del piezòmetre de 0.5 a 2.5 Nivell quaternari totalment ranurat excepte la part superior Zona d'entrada preferent d'aigua	
2			de 1.40 a 1.80 capa de sorres fines amb llims		
2.40			de 1.80 a 2.40 capa formada per llims amb sorres fines		
3	1.80		UNITAT Oligocè Inferior	Segellat amb tuberia cega i bentonita de possible entrada directa del nivell inferior	
4			Lutites argiloses amb intercalacions de gresos. Marró rogenc- gris		
			Material molt compacte		
			Material conegut a la zona com a "tapàs"		
			Els nivells de gresos poden tenir potències molt variables i duresa elevada		
5			FI SONDEIG A 4.20 m		
6					
7					
8					
9					
10					

PETICIONARI:
AJUNTAMENT DE GUISSONA

ESTUDI HIDROGEOLÒGIC
PARC AQUEOLÒGIC DE GUISSONA, LLEIDA

SONDEIG 3
PZ-3
Testimoni continu
Ø 116-86 mm
Data 26/01/2021

Cota: +0,00 m C.R.
Nivell Freàtic: - 4.12 m prof.

PROFUNDITAT (m)	ESPESSOR (m)	TALL LITOLÒGIC	DESCRIPCIÓ DEL TERRENY	INSTA.LACIÓ PIEZÒMETRE
1	1.40		UNITAT Quaternaria 0.00 a 1.40 Nivell de llims argilosos amb passades de diferents granulometries	 0.00 a 0.50 Tuberia cega amb bentonita sellant a l'anular del piezòmetre de 0.5 a 6.0 tram ranurat per a entrada d'aigua freàtica
2	2.40		UNITAT Oligocè Inferior	
3	4.60		Lutites argiloses amb intercalacions de gresos. Marró rogenc- gris Material molt compacte Material conegut a la zona com a "tapàs"	
4			Els nivells de gresos poden tenir potències molt variables i duresa elevada	
5				
6				
6			FI SONDEIG A 6.00 m	
7				
8				
9				
10				

Pel que fa a la situació tectònica de l'emplaçament, l'Institut Geològic de Catalunya ha establert una zonació sismotectònica de Catalunya tenint en compte els paràmetres geològics més representatius de l'escorça terrestre, principalment aquells que provenen de la pròpia estructura geològica sense tenir, però, en compte la neotectònica (post-miocè).

Les variacions de diferents paràmetres geològics seleccionats permet una primera definició de zones tectòniques homogènies:

DOMINI DEFORMAT A	PIRINEUS A1	ZONA AXIAL CENTRAL A1a	Escorça engruïda (>35 Km) Sòcol deformat	
		ZONA AXIAL EXTERNA A1b	Sòcol profund (>3 Km) Cobertura deformada i desplaçada	
		ZONA AXIAL ORIENTAL A1c	Sòcol aflorant Tectònica neògena distensiva	
		CONQUES ORIENTALS A1d	Conques neògenes Sostre dels sòcols superficial	
	SERRALADES COSTANERES CATALANES (SISTEMA MEDITERRANI) A2	SERRALADA IBÈRICA SEPTENTRIONAL A2a	Sòcol hercinià deformat Estructuració neògena distensiva	
		SERRALADA IBÈRICA MERIDIONAL A2b	OCCIDENTAL A2b1	Cobertura sedimentària deformada i desplaçada
			ORIENTAL A2b2	Cobertura sedimentària deformada i desplaçada Tectònica neògena distensiva
	CONCA CATALANO BALEAR A3	Escorça aprimada (<20 Km)		
	CONCA DE L'EBRE A4	DEFORMADA	Cobertura sedimentària deformada i desplaçada Espessor normal de l'escorça	
	DOMINI NO DEFORMAT B	CONCA DE L'EBRE	CONCA D'AVANTPAÍS NO DEFORMADA	Espessor de l'escorça normal Cobertura sedimentària no deformada

ICC, 1999

Geogràficament, aquestes zones es distribueixen segons el mapa següent (ICC 1997)



Segons la zonació anteriorment descrita, la zona de treball es troba a:

- Zona A4 que correspon a la Conca de l'Ebre deformada amb cobertora sedimentària deformada i desplaçada amb espessors normal de l'escorça.

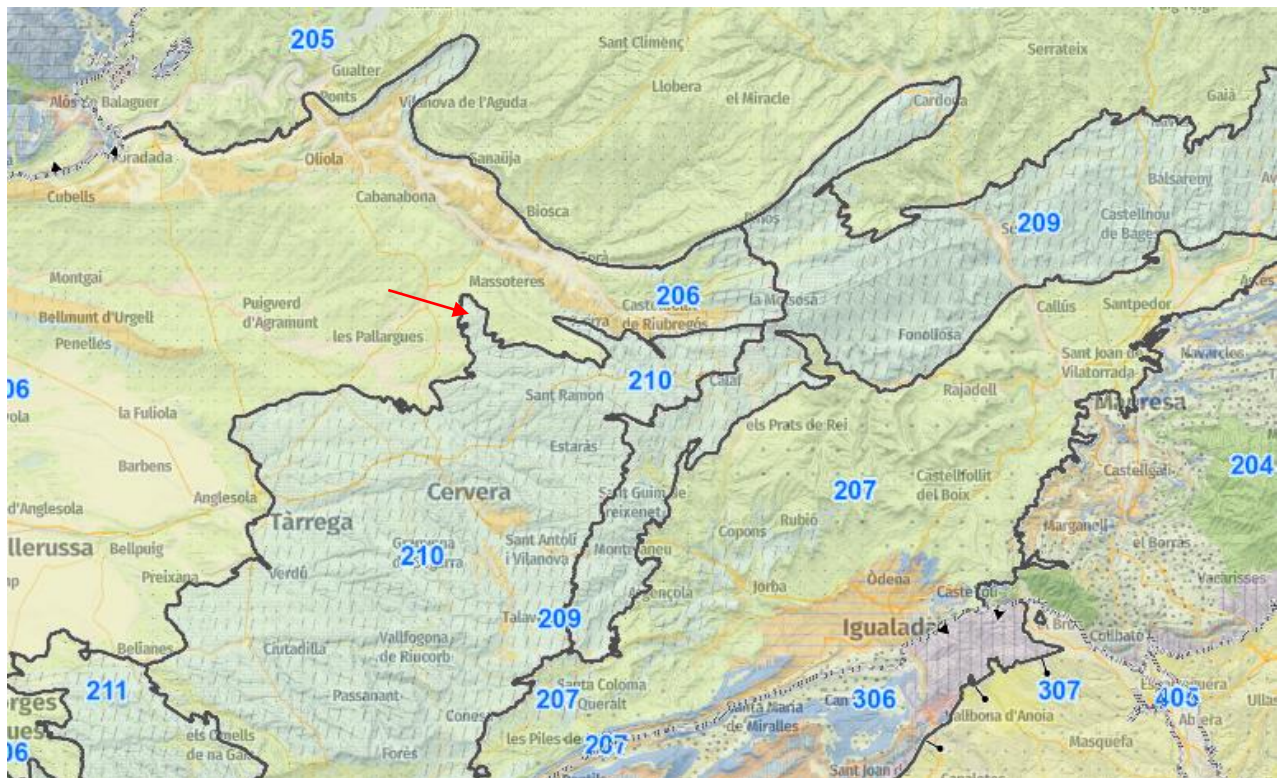
La deformació que afecta la zona del projecte és l'anticlinal de Sanaüja formant part del seu flanc sud-oest. Aquest anticlinal pren orientació nord-oest – sud-est a uns 3 km paral·lelament al nord de la traça. Els diferents estrats es disposen monoclinament cabussant lleugerament cap el sud-oest.

4.2. HIDROGEOLOGIA

Com és conegut, el drenatge superficial correspon a les conques del riu Llobregós, al nord, i del riu Sió, al sud, sent ambdós rius tributaris del Segre i per tant formant part de la Conca de l'Ebre.

Prenen una direcció aproximada SE-NW segons les directrius estructurals que marca l'anticlinal de Sanaüja. Tenen un règim quasi permanent degut a la distribució irregular de les pluges i al escàs caràcter regulador dels aqüífers. Els cabals d'aquests dos rius, per tant, són bastant variables. Habitualment circula un cabal escàs, no obstant en cas de precipitacions elevades es produeixen avingudes.

Atenent al Mapa d'àrees Hidrogeològiques de Catalunya a escala 1:250.000, publicat per l'Institut Cartogràfic de Catalunya, la zona del projecte estaria enclavada en el sector segon, corresponent a les àrees centrals de Catalunya, i dintre d'aquest sector abastaria principalment la unitat D11 de l'àrea 210 i la unitat A03 de l'àrea 206.



La unitat D11 correspon a calcàries i dipòsits detrítics lacustres de l'Oligocè, mentre que la unitat A03 a dipòsits al·luvials del Quaternari, formats per grava, sorres i argiles.

En les següents pàgines es mostren les fitxes de l'ICGC i de l'ACA de cadascuna de les unitats hidrogeològiques presents.

Aqüífer de les calcàries de Tàrraga (210D11)

Tipus de UH: Aqüífer

Comportament hidrogeològic: Confinat

Porositat predominant: per fissuració

Formacions i subformacions que integren la UH: Formacions de calcàries i dipòsits detrítics: Calcàries i dipòsits detrítics lacustres de l'oligocè

Descripció de la unitat hidrogeològica (UH): Aqüífer que correspon a formacions de calcàries i dipòsits detrítics lacustres de l'oligocè. Aquestes conformen un aqüífer en medi fissurat (calcàries i gresos) de tipus confinat i amb una porositat principalment per fissuració

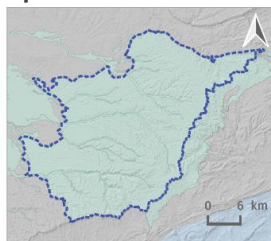
Àrea total de la UH (Km²): 778.7

Percentatges de la UH aflorant i no aflorant: 95% / 5%

Mapa de situació

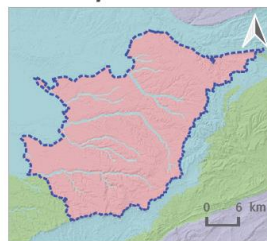


Tipus d'UH



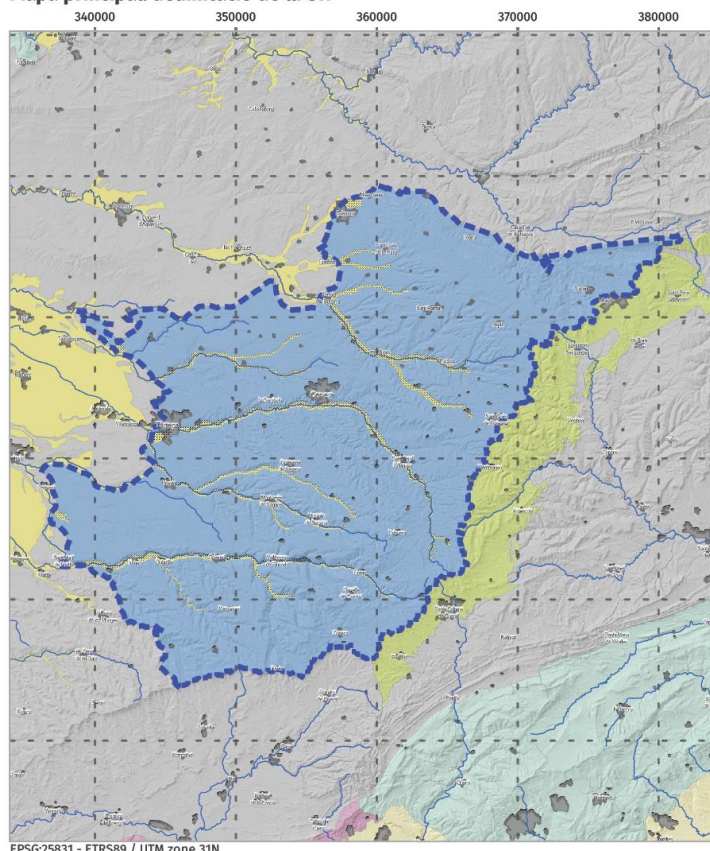
Aqüítard
 Aqüiclude
 Aqüífer
 Sistema aqüífer

Porositat predominant



Doble porositat: fissuració i karstificació
 Doble porositat: intergranular i fissuració
 Fissuració
 Intergranular
 Karstificació

Mapa principal: delimitació de la UH



EPSG:25831 - ETRS89 / UTM zone 31N

Àrea del mapa de situació representada al mapa principal

Delimitació de la UH

Extensió aflorant
 Extensió no aflorant

Altres elements

Sòl urbà
 Xarxa hidrogràfica

Naturalitat predominant de la UH

Aqüífer porós en medi al·luvial-col·luvial
 Aqüífer porós en medi detrític granular (rebliments neògens i quaternaris)
 Aqüífer porós en formacions carbonatades
 Aqüífer porós en travertins i dipòsits al·luvials
 Aqüífer porós i fissurat en dipòsits fluvio-volcànics (neògens i quaternaris)
 Aqüífer fissurat en dipòsits fluvio-volcànics (neògens i quaternaris)
 Aqüífer en medi porós i fissurat (calcàries i gresos)
 Aqüífer en medi fissurat (calcàries i gresos)
 Aqüífer en medi fissurat i karstificat (calcàries i gresos)
 Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en detrítics i margocalcaris
 Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en formacions granítiques
 Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en formacions metamòrfiques (pissarres/esquistos paleozoics)

Delimitació d'unitats hidrogeològiques (UH) de Catalunya classificades segons la Directiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information) 2007/2/CE⁽¹⁾. La delimitació, classificació i caracterització de les unitats hidrogeològiques han estat realitzades a partir de la revisió i actualització de la delimitació d'aqüífers de Catalunya a escala 1:50.000 elaborada per l'Agència Catalana de l'Aigua⁽²⁾ i el seu model de dades ha estat adaptat a la guia tècnica d'especificacions de dades geològiques de la directiva INSPIRE⁽³⁾ i la guia de transformació de conjunts de dades espacials de geologia⁽⁴⁾. La geometria dels polígons de cadascuna de les unitats hidrogeològiques ha estat revisada i actualitzada en base a la cartografia geològica a escala 1:50.000⁽⁵⁾, a les divisòries superficials de les conques i subconques hidrogràfiques, a la xarxa de rius i a les divisions administratives de la línia de costa. Aquesta cartografia és la base a partir de la qual es delimiten els principals aqüífers que permeten definir les masses d'aigua subterrània com a unitats de gestió en la planificació hidrològica.

Aqüífer al·luvial del Sió (206A03)

Tipus de UH: Aqüífer

Comportament hidrogeològic: Lliure

Porositat predominant: intergranular

Formacions i subformacions que integren la UH: Formacions de graves, sorres i llims quaternaris: Dipòsits detrítics quaternaris indiferenciats

Descripció de la unitat hidrogeològica (UH): Aqüífer que correspon a formacions de dipòsits detrítics quaternaris indiferenciats. Aquestes conformen un aqüífer porós en medi al·luvial-col·luvial de tipus lliure i amb una porositat principalment intergranular

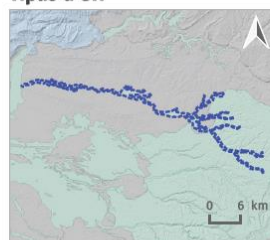
Àrea total de la UH (Km²): 39.5

Percentatges de la UH aflorant i no aflorant: 100% / 0%

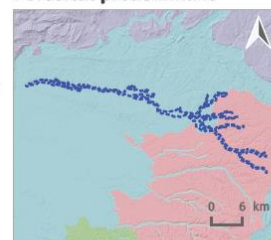
Mapa de situació



Tipus d'UH

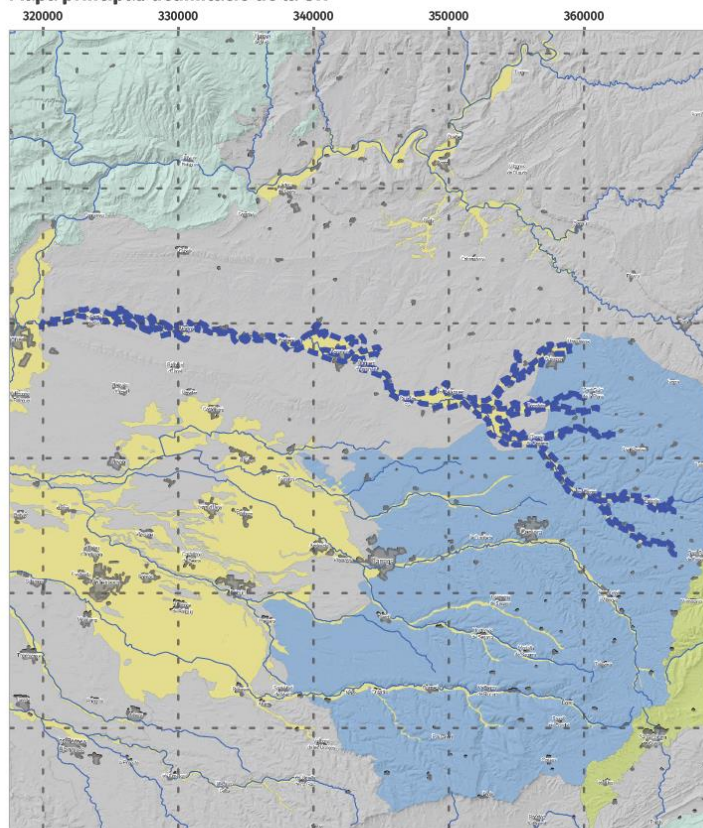


Porositat predominant



Doble porositat: fissuració i karstificació
Doble porositat: intergranular i fissuració
Fissuració
Intergranular
Karstificació

Mapa principal: delimitació de la UH



EPSG:25831 - ETRS89 / UTM zone 31N

Àrea del mapa de situació representada al mapa principal

Delimitació de la UH

Extensió aflorant
Extensió no aflorant

Altres elements

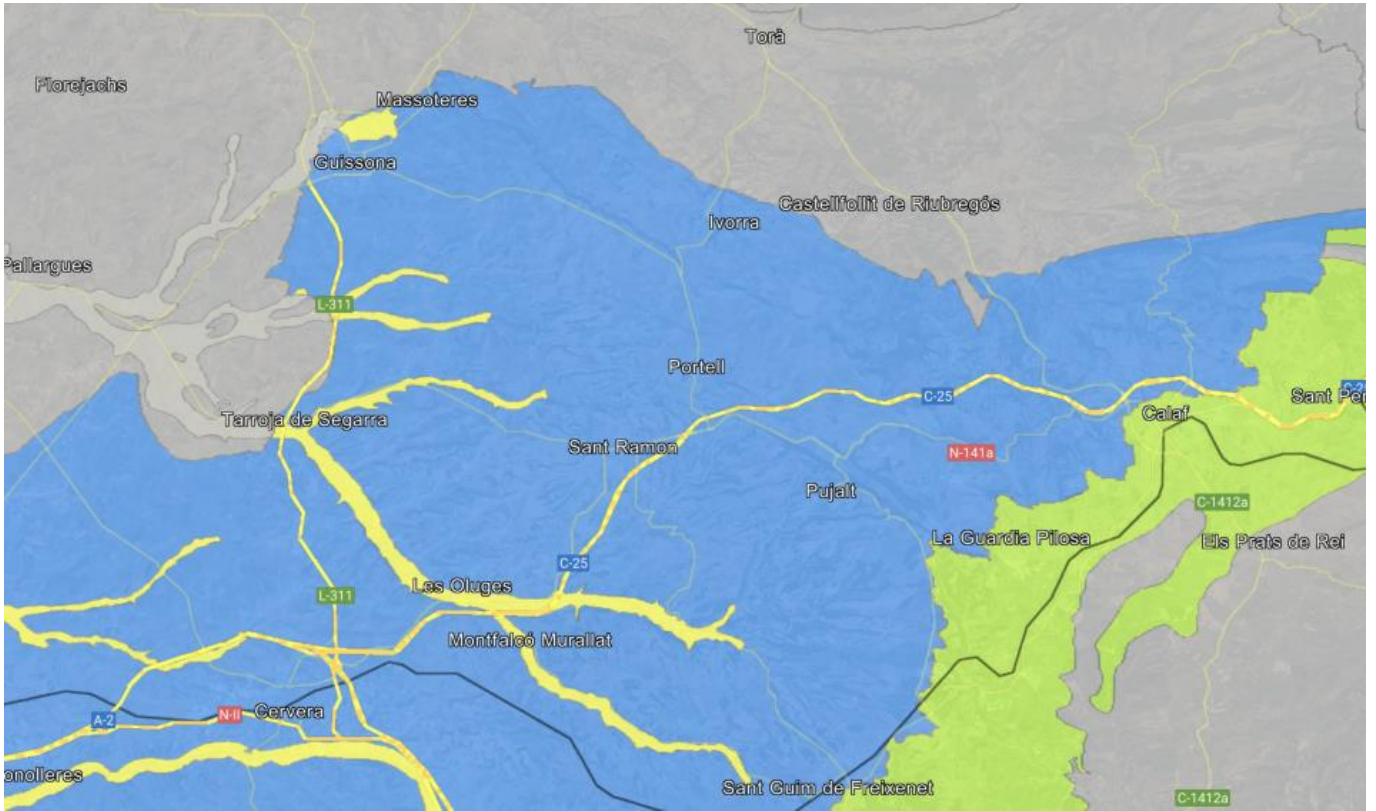
Sòl urbà
Xarxa hidrogràfica

Naturallesa predominant de la UH

Aqüífer porós en medi al·luvial-col·luvial
Aqüífer porós en medi detrític granular (rebliments neògens i quaternaris)
Aqüífer porós en formacions carbonatades
Aqüífer porós en travertins i dipòsits al·luvials
Aqüífer porós i fissurat en dipòsits fluvio-volcànics (neògens i quaternaris)
Aqüífer fissurat en dipòsits fluvio-volcànics (neògens i quaternaris)
Aqüífer en medi porós i fissurat (calcàries i gresos)
Aqüífer en medi fissurat (calcàries i gresos)
Aqüífer en medi fissurat i karstificat (calcàries i gresos)
Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en detrítics i margocalcaris
Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en formacions granítiques
Medi de baixa permeabilitat amb aqüífers locals en formacions metamòrfiques (pissarres/esquistos paleozoics)

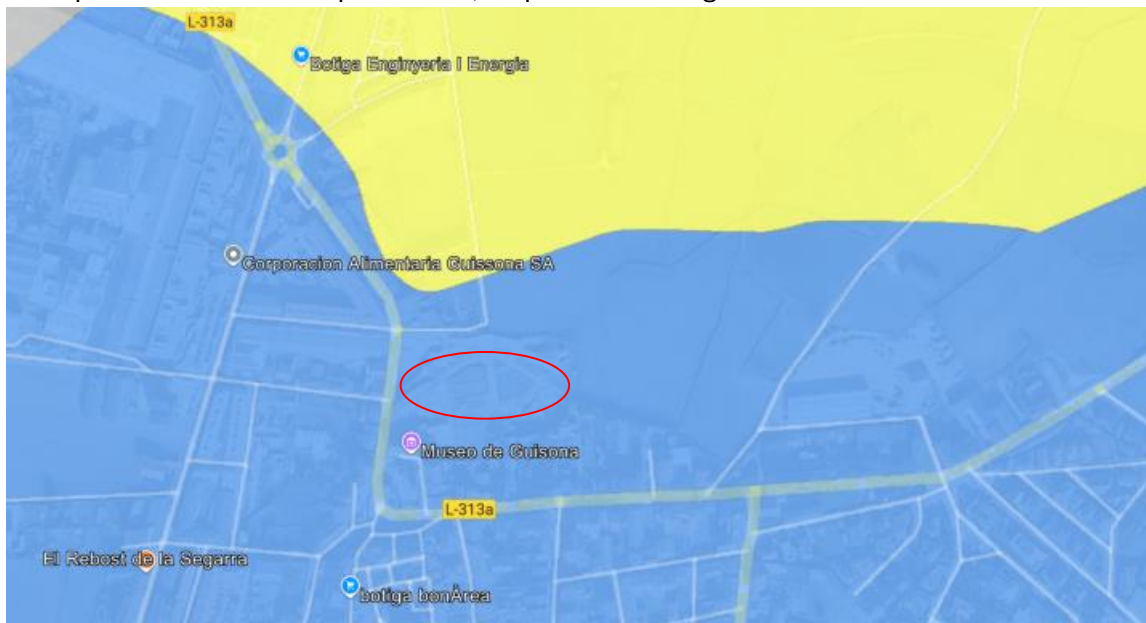
Delimitació d'unitats hidrogeològiques (UH) de Catalunya classificades segons la Directiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information) 2007/2/CE⁽¹⁾. La delimitació, classificació i caracterització de les unitats hidrogeològiques han estat realitzades a partir de la revisió i actualització de la delimitació d'aqüífers de Catalunya a escala 1:50.000 elaborada per l'Agència Catalana de l'Aigua⁽²⁾ i el seu model de dades ha estat adaptat a la guia tècnica d'especificacions de dades geològiques de la directiva INSPIRE⁽³⁾ i la guia de transformació de conjunts de dades espacials de geologia⁽⁴⁾. La geometria dels polígons de cadascuna de les unitats hidrogeològiques ha estat revisada i actualitzada en base a la cartografia geològica a escala 1:50.000⁽⁵⁾, a les divisòries superficials de les conques i subconques hidrogràfiques, a la xarxa de rius i a les divisions administratives de la línia de costa. Aquesta cartografia és la base a partir de la qual es delimiten els principals aqüífers que permeten definir les masses d'aigua subterrània com a unitats de gestió en la planificació hidrològica.

Si anem amb més detall a la zona d'estudi, podem a partir del kmz correspondent veure l'entorn hidrogeològic en el qual ens trobem:



En color blau trobem l'aquífer de les calcàries de Tàrraga, també anomenat aquífer Vicfred-guissóna i que es considera un aquífer profund i confinat, amb porositat per fisuració. Unitat 210D11.

Per altra banda, tenim els aqüífer de color groc i que en el cas de Guissona es correspon a l'aqüífer al·luvial del Sió, tot i que en realitat estaria més influenciat per la presència del passarell, però el nom que adopta és el de la vall i que es tracta de un aqüífer lliure, de porositat intergranular. Unitat 206A03.



Com es pot veure en la imatge anterior, si bé la zona d'estudi es troba al damunt de l'aquífer profund de les calcàries de tàrrega, Unitat D11, es troba a pocs centenars de metres de la unitat cartografiada com a unitat A03.

En el propi emplaçament, es pot veure que no hi ha una influència clara de la unitat A03, donat que no hi ha un aquífer superficial desenvolupat actualment, però cap la possibilitat de possible influència en certs moments i un cert drenatge cap a la zona del parc Arqueològic, donada també la seva cota topogràfica relativament baixa respecte a la resta del seu entorn.

Ens centrarem més a valorar el potencial i la problemàtica que presenta el aquífer associat a la unitat D11, donat que és la que, en casos concrets, aporta un volum d'aigua sorgent elevat, amb cabal elevat, a la zona del parc arqueològic.

4.2.1. Aquífer de les calcàries de Tàrrega (210D11) – “Aquífer Vicfred-Guissona”

Segons la fitxa de l'ICGC i de l'ACA, aquesta massa d'aigua (núm. 49) té una superfície aproximada de uns 778,7 km², essent aflorant en paroximadament un 95 % de la seva superfície, si bé això no vol dir que no hi pugui haver una capa més moderna al damunt de poca potència. Una de les unitats hidrogeològiques de la massa d'aigua nº 49 és la 210 de l'Oligocè lacustre de la Segarra.

Es tracta de un aquífer en formacions calcàries i dipòsits detrítics lacustres d'el·ligocè, conformant un aquífer en medi fissurat de calcàries i gresos, de tipus confinat i amb porositat per fissuració.

En profunditat, els materials que predominen són evaporites, el que comporta la presència d'aigües amb al contingut en sals a partir de certa profunditat segons el lloc.

La recàrrega natural és mitjançant la infiltració procedent de les precipitacions.

La capacitat d'emmagatzemament s'estima en 1,4 hm³/any.

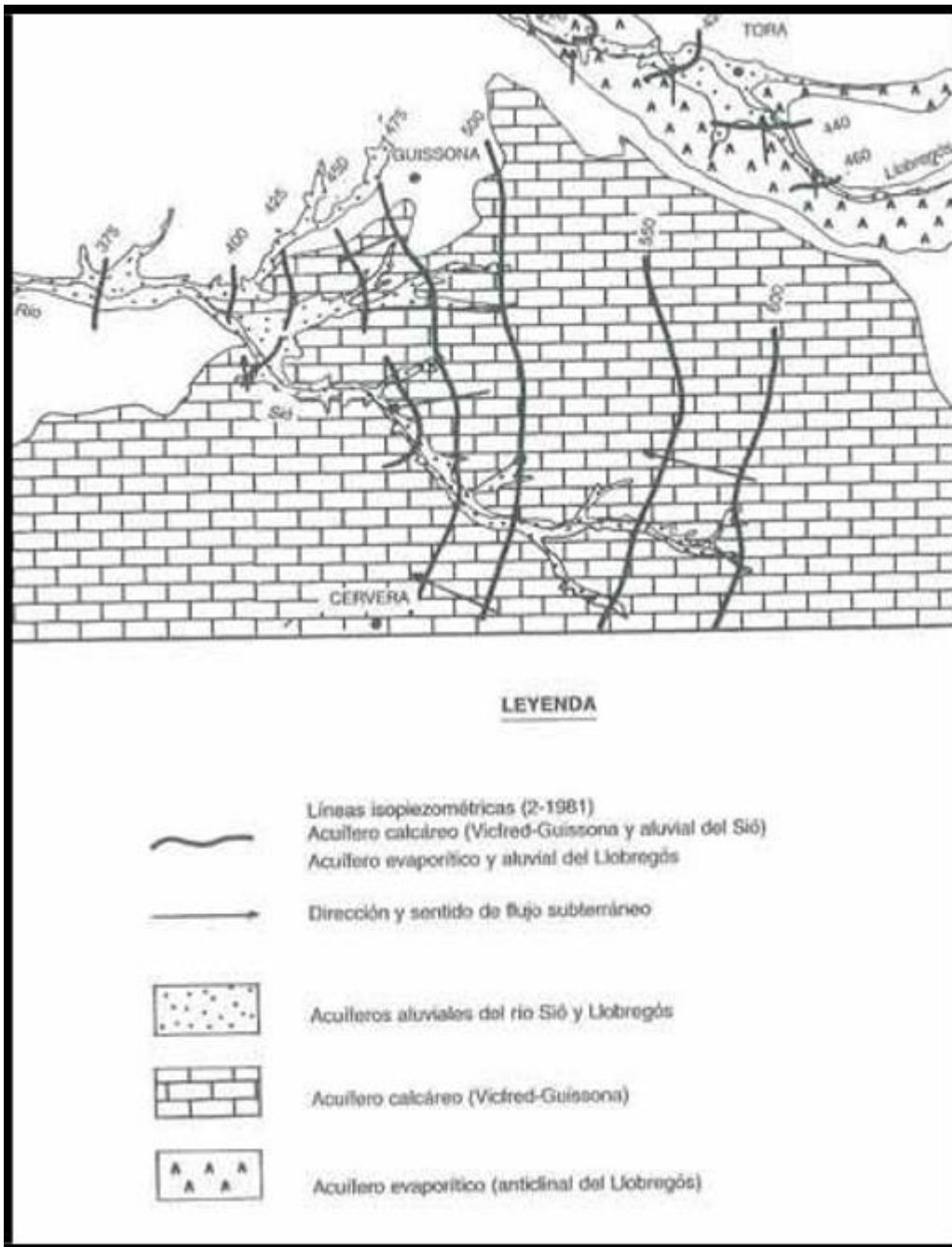
La zona de recàrrega es localitza a la denominada costa d'Ivorra, que és el sector on afloren els nivells calcàris que escassos metres s'nfonsen sota els materials lutítics impermeables que fan de segell de l'aquífer.

Pel que fa a les zones de descarrega, a banda dels pous existents, aquesta es dona cap als rius Sió i en menor mesura cap al riu Corb, a banda de les sorgències que apareixen en les èpoques de més pluja.

Com ja s'ha comentat, el tipus de porositat és per fissuració de les capes, de manera que les escletxes es troben reomplertes d'aigua.

La direcció de flux és en general de ESE a WNW, amb gradients del 8% en capçalera que augmenten fins el 16% en zones de descàrrega. Es pot establir una xarxa de flux virtual en la que s'observa que les valls fluvials actuen com a zones de drenatge preferent. On les condicions topogràfiques són favorables els sondatges són sorgents.

En la següent figura, es poden veure les línies de flux segons esquema de figura de l'ITGE any 1998



El caràcter de confinat de l'aquífer és molt important en la zona en la que estem, ja que aquest comportament es tradueix en que es pot donar un caràcter artesià quan hi ha condicions de forta recàrrega, el que comporta que en aquells punts on hi ha connexió entre la zona de l'aquífer confinada i l'exterior, es produirà una pujada del nivell freàtic que pot arribar a fer brollar l'aigua, tal i com passa en certs enclavaments com el Pou de Madern, la font de L'Estany, les fonts del Poble, i també el Parc Aqueològic, ja que per les excavacions, la seva cota enfonsada y per els pous existents, hi ha connexió entre l'aquífer confinat i l'exterior.

El fet que en la resta de les zones no brolli l'aigua i es mantingui doncs aquest caràcter de confinat, és degut tant al tipus de terreny que segella l'aquífer i que ve donat per lutites de caràcter molt impermeable, com pel fet del cabussament de les capes litoestratigràfiques, que degut al cabussament i configuració, fan que



el flux d'aigua subterrània es dirigeixi a favor de la població de Guissona i en quedi fins a cert punt emmagatzemada, motiu pel qual ens trobem en un emplaçament on l'aigüa subterrànea es pot considerar que hi porta un temps de permanència elevat, el que es pot constatar amb la composició de cations i anions en les aigües subterrànies.

Donada l'anisotropia existent en l'aqüífer pels diferents tipus de materials, la distribució de permeabilitat no és uniforme i globalment pot considerar-se poc elevada. És més alta en zones descomprimides i baixa a l'augmentar la pressió litostàtica i al reomplir-se les fissures.

5. INVESTIGACIÓ DE DETALL

5.1. PROFUNDITAT NIVELL FREÀTIC

Per tal de tenir un seguit de dades precises del nivell freàtic en el Parc Arqueològic, s'ha fet una monitorització de la profunditat de l'aigua a partir de un control automatitzat, amb la presa de dades automàtica amb sondes de nivell instal·lades en els piezòmetres 1 i 2, per a recollir dades de profunditat i temperatura de l'aigua subterrànea.

S'ha considerat no rellevant la presa de dades en el piezòmetre 3, ja que es troba molt lluny respecte els altres dos i no se'n podrien treure dades comparatives.

Per la instal·lació que es va fer del piezòmetre, el posar dues sondes en dos piezòmetres tant propers i al mateix temps propers al pou ja existent, s'ha fet per a intentar treure dades sobre:

- Influència de les aigües someres de infiltració en el nivell freàtic.
- Esbrinar si hi ha comportament diferent entre ambdós piezòmetres
- Observar el comportament d'ambdós piezòmetres quan es faci l'assaig de bombament.

Cal recordar que segons les figures presentades en l'apartat anterior, el piezòmetre 1 té una profunditat de 10 metres i s'instal·la a la zona ranurada d'entrada d'aigua en exclusiva en el nivell de l'oligocè, mentre que el piezòmetre 2 té una profunditat de 4 metres i entrada d'aigua en el nivell del quaternari.

En la data de les perforacions, s'observa que la cota del nivell freàtic és molt similar en ambdós casos, el que pot indicar una certa comunicació entre els dos nivells, de manera que es tingui a efectes pràctics una única unitat saturada.

El gener de 2021, data de les perforacions, ens trobem en una època que hi ha hagut moltes pluges i força sorgència d'aigua en l'emplaçament.

El tipus de instal·lació de control posada en els piezòmetres es pot veure afectada per la pressió atmosfèrica, de manera que en cas de variar aquesta, la lectura de la profunditat del nivell freàtic fora errònea. Donat que la previsió era de l'ordre de 1 any, s'ha instal·lat un mesurador de pressió atmosfèrica (barologger) i després s'ha fet la correcció informàtica corresponent per a tenir el nivell freàtic correcte.

Presa de dades:

Inici: 13/05/2021

Final: 07/07/2022 per el piezòmetre 2 i el 24/11/2022 pel piezòmetre 1

Dades diàries: 4 lectures diàries

Número de lectures totals: 2246 pel piezòmetre 1 i 1680 pel piezòmetre 2.

Sistema de presa de dades automàtic i buidat de les dades emmagatzemades:

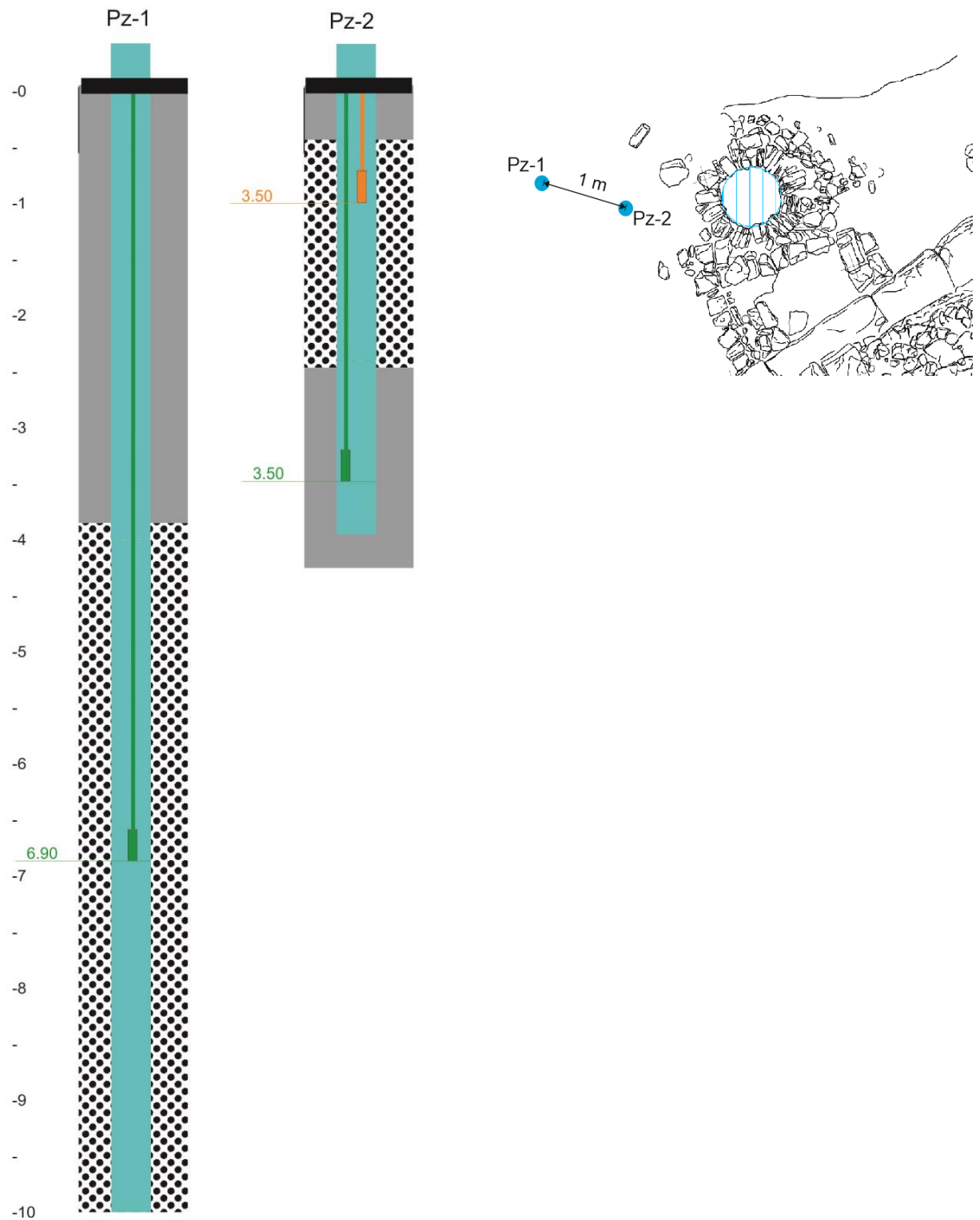


Presa de nivells amb sonda manual:



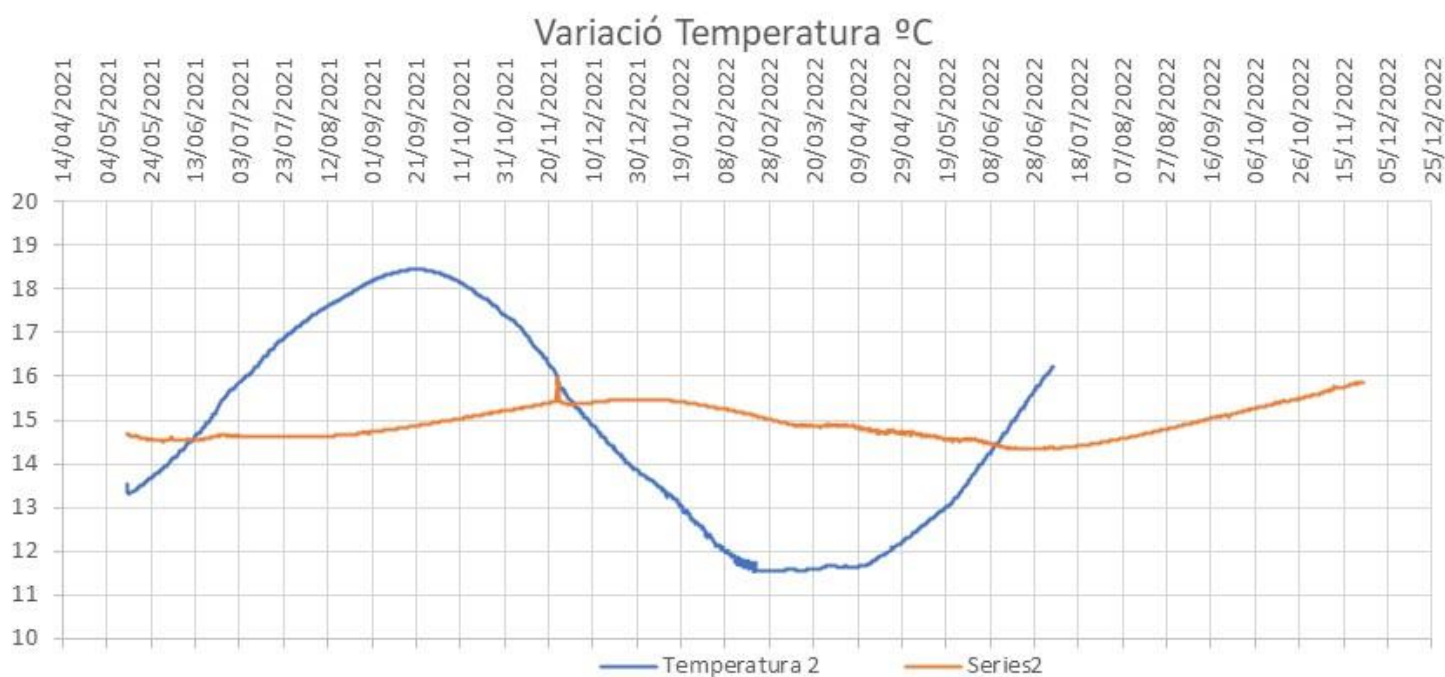
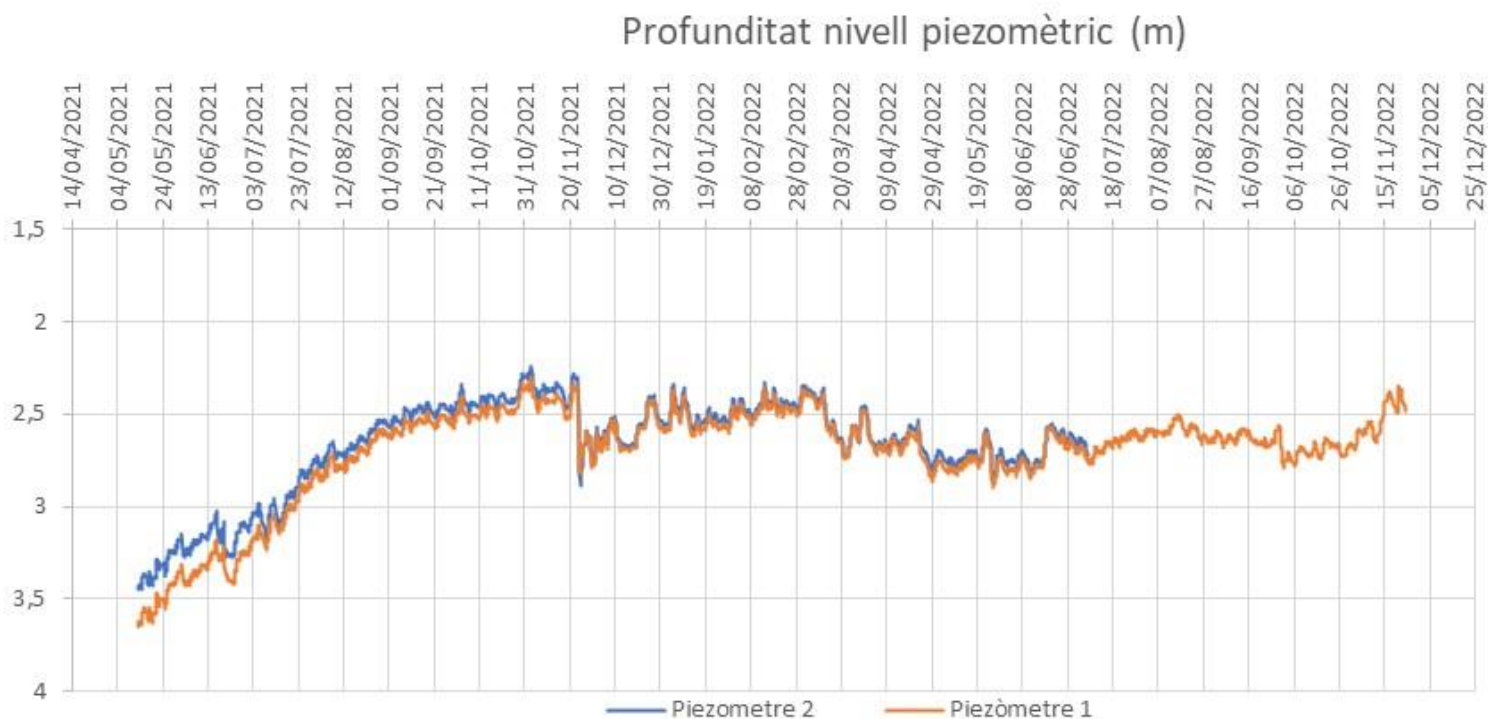
En la següent figura, es mostra la ubicació de cadascun dels piezòmetres de control, així com la profunditat a la que es van deixar instal·lades les sondes de control automàtiques:

INSTAL·LACIÓ MESURADOR DE NIVELL I DE PRESSIÓ ATMOSFÈRICA



En verd la posició dels mesuradors de nivell i en taronja el mesurador de pressió atmosfèrica

En la següent figura, es presenten dues gràfiques amb l'evolució de la profunditat del nivell freàtic en el piezòmetre 1 i en el piezòmetre 2, així com una altra figura amb la variació de la temperatura en ambdós piezòmetres.





De l'anàlisi d'ambdues figures, se n'obté les següents dades:

- Es veu un clar paralelisme respecte el nivell freàtic en el piezòmetre 1 i en el piezòmetre 2.

Hi ha una lleugera diferència a l'inici de la presa de dades, possiblement per un tema d'estabilització de nivells, però després van pràcticament en paral·lel.

L'evolució del nivell de manera tant igual en els 2 piezòmetres, ens indica de manera clara que l'aigua prové del mateix sistema, sent indiferent el sistema de construcció del piezòmetre que s'ha realitzat.

- Cal tenir en compte que no hi ha hagut un acotament precís de manera topogràfica de les cotes de boca de piezòmetre, de manera que un ajust podria modificar aquesta lleugera diferència.
- La temperatura de l'aigua entre ambdós piezòmetres és clarament diferent, de manera que en el piezòmetre 2 es veu una oscil·lació important, amb màxims de 18,5 graus durant el mes de setembre i mínims de 11,5 graus aproximadament durant el mes de febrer.

Per contra, el piezòmetre 1 té una temperatura de l'aigua més estable, a màxims de 15,5 durant el mes de desembre i mínims de 14,3 el mes de juny, per tant podem dir que amb diferències molt petites.

Aquest fet pot venir donat per:

- El piezòmetre 2 té només una profunditat de 4 metres i per tant està totalment influenciat per la temperatura exterior, ja que tota l'aigua que hi està a dins té una profunditat màxima de 4 metres i la tuberia està només en contacte amb aquests primers 4 metres del terreny, el que fa que la influència de la temperatura exterior sigui gran.
- El piezòmetre 1 té una profunditat de 10 metres, per tant, ja no hi afecta en profunditat tant les variacions de la temperatura exterior. Per altra banda, la part superficial de la tuberia està segellada, de manera que l'aigua que tindrà una temperatura més condicionada amb l'exterior, no pot entrar directament dins el piezòmetre, on hi entra l'aigua més profunda.

5.2. ASSAIG DE BOMBAMENT

Per tal de poder tenir una estimació i conèixer la resposta del medi a un bombament, s'ha fet un assaig d'extracció d'aigua del pou antic existent i control de l'evolució del nivell freàtic, per a establir així un radi d'influència i poder valorar la viabilitat o no de fer pous per a deprimir el nivell freàtic.

L'assaig de bombament es fa de manera esgraonada (amb increments de cabal) el dia 24 de novembre de 2022.

Un cop s'acaba l'assaig de bombament, es tornen a col·locar els mesurador de nivell per tal de tenir un control de la recuperació en el temps.

L'assaig de bombament s'ha fet amb una bomba submergible monofàsica, que ha estat capaç d'extraure un cabal màxim de 55 litres/minut ($3,3 \text{ m}^3/\text{h}$).



En la fotografia es veu la bomba sumergible, així com la sonda de mesura de nivell i els dos piezòmetres de control (Pz-1 i Pz-2).

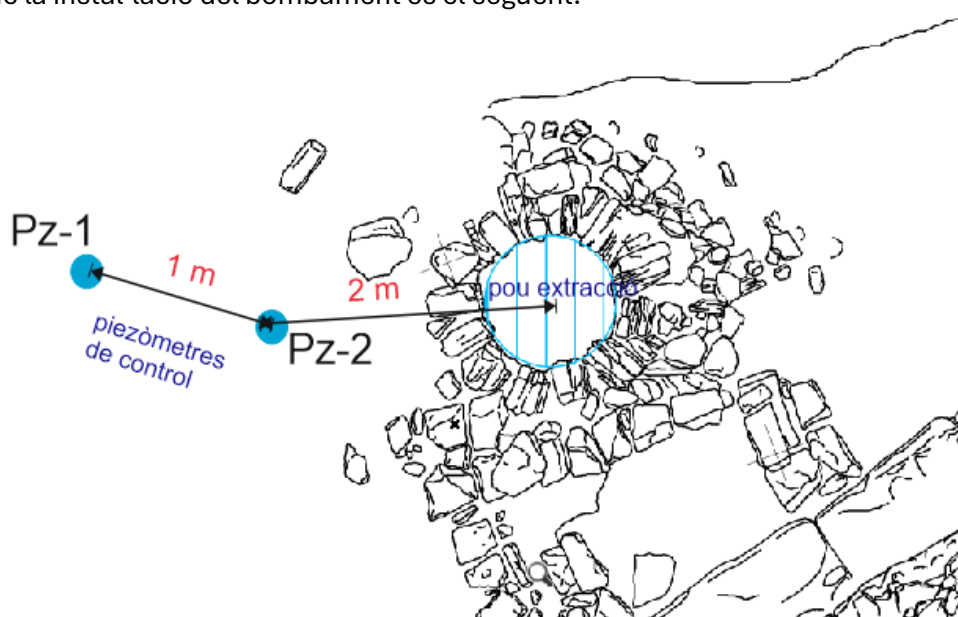
La bomba es va baixant a diferent profunditat i es regula el cabal de sortida amb una aixeta, per tal que el cabal sigui variable i incremental, i així veure si hi ha descens associat als piezòmetres propers.



A mesura que es fa l'assaig, es van prenent dades de cabal, profunditat del nivell freàtic al pou de bombament i nivell freàtic als piezòmetres de control 1 i 2.

En els piezòmetres de control, per tal de tenir les dades de manera contínua, s'instal·len mesuradors de nivell automàtic, en aquest cas els levellogers de la marca Solinst. Tot i amb això, es fan comprovacions amb la sonda de nivell manual.

L'esquema de la instal·lació del bombament és el següent:

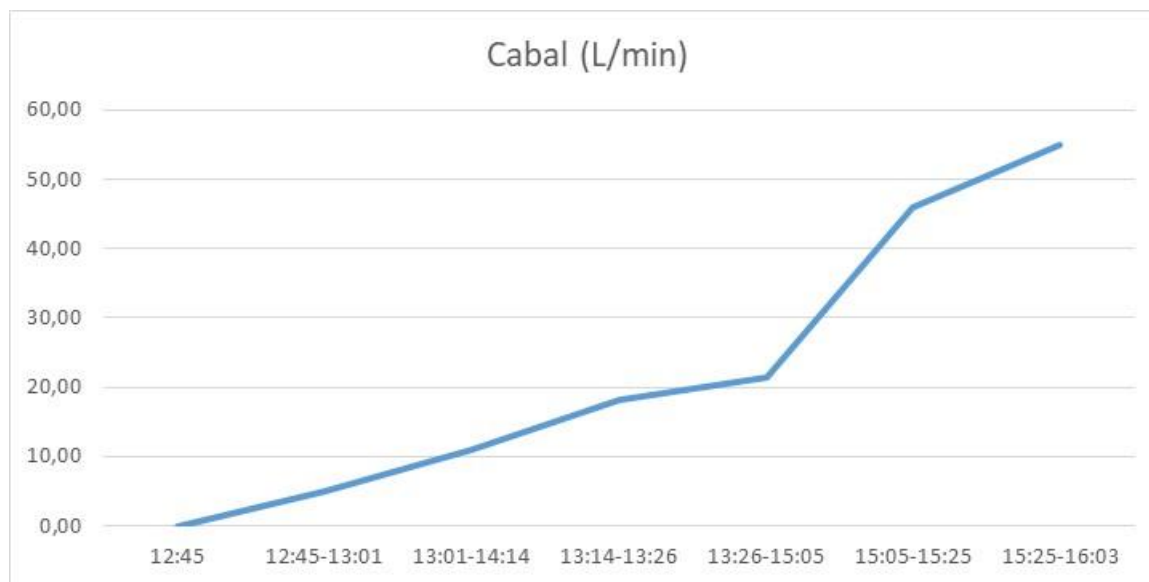


Com a pou d'extracció es fa servir un pou antic, de les següents característiques constructives:

- Tipus de construcció: pou obert revestit de pedra.
- Diàmetre intern: 0.95 mts.
- Fondària pou: 6.30 mts.
- Nivell freàtic previ inici bombeig: 3.05 mts.

L'assaig de bombament ha estat esgraonat, amb 6 cabals diferents que s'anaven incrementant quan es detectava estabilitat en el nivell en el pou d'extracció:

	Hora	Cabal (L/min)
Inici bombeig Pou	12:45	0,00
Cabal 1	12:45-13:01	5,00
Cabal 2	13:01-14:14	11,11
Cabal 3	13:14-13:26	18,18
Cabal 4	13:26-15:05	21,40
Cabal 5	15:05-15:25	46,00
Cabal 6	15:25-16:03	55,00



La durada total de l'assaig de bombament ha estat doncs de 3 hores 15 minuts aproximadament.

A posteriori, s'han pres les dades de recuperació de nivells, tant del pou de bombament com dels 2 piezòmetres de control monitoritzats.



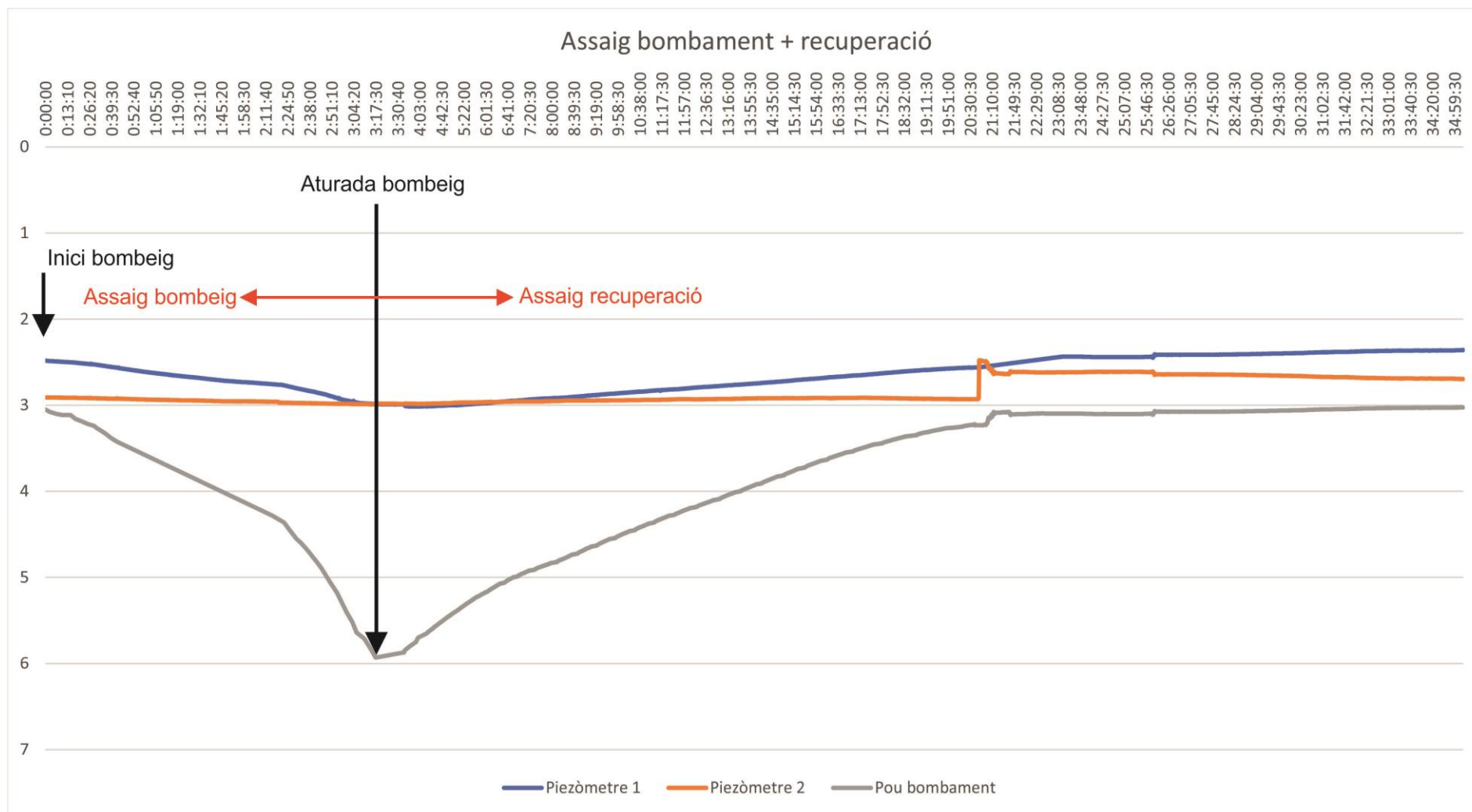
En les següent figures es mostren els descensos del pou de bombament i dels piezòmetres durant l'execució de l'assaig de bombament, per tal de poder relacionar com afecta una extracció a la resta i valorar qualitativament l'efectivitat d'una potencial depressió del nivell freàtic a partir de pous de bombament.

La mateixa gràfica, mostra el moment d'aturada del sistema i posterior assaig de recuperació.

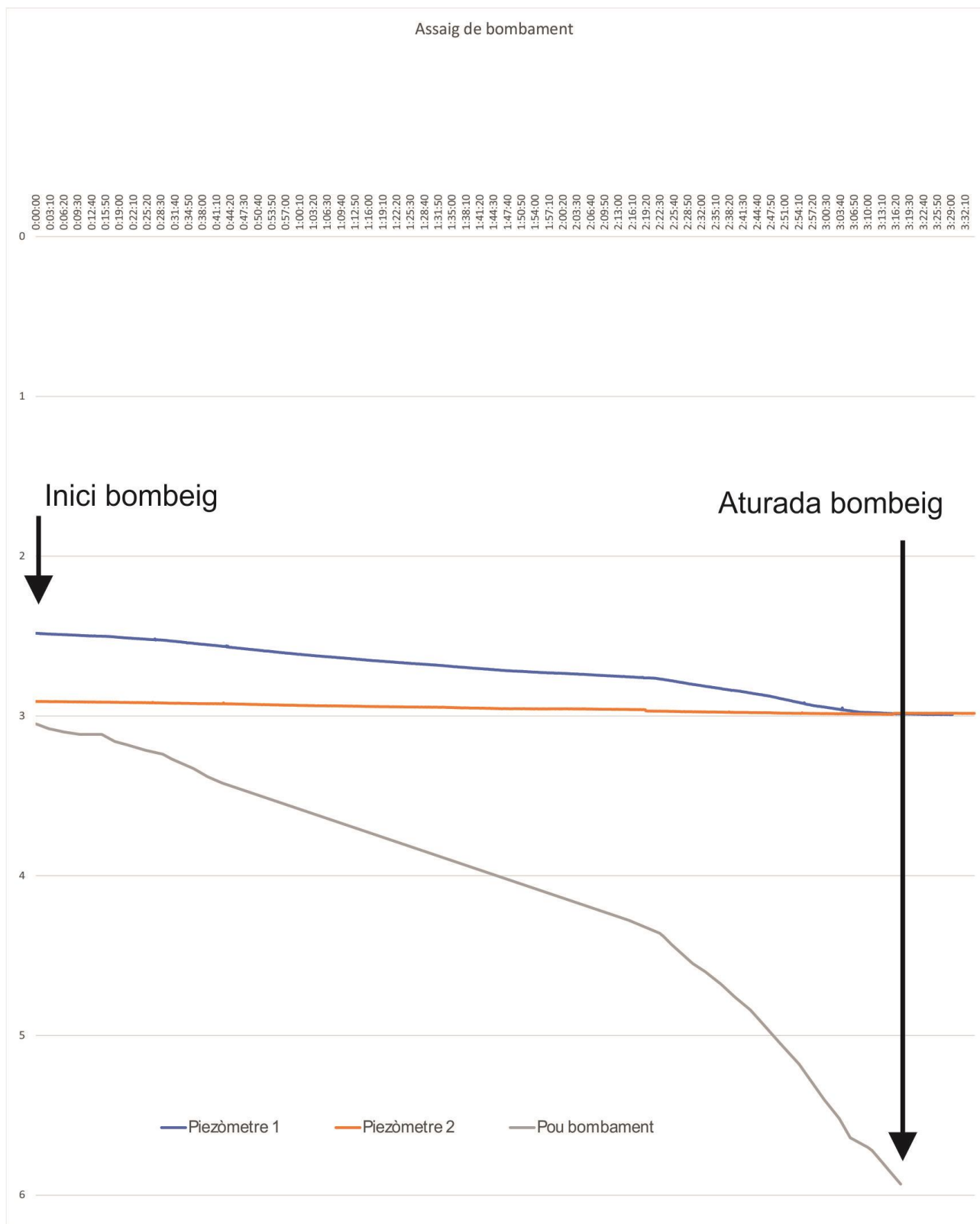
Tot i que la primera figura és el total de l'assaig, després es posa un detall de la part del bombeig, per tal de veure com es comporta.

L'assaig de bombament es va aturar perquè el nivell del pou de bombeig era molt petit i la falta de potència de la bomba, de manera que el cabal ja anava a menys.

Important tenir en compte que en el pou es veu clarament una zona d'entrada d'aigua a uns -4.5 mts. de profunditat.



Assaig de bombament



Un cop analitzades les gràfiques, en podem treure les següents observacions:

- L'assaig de bombament dona un descens força ràpid en el pou on s'executa, tot i que el cabal no és extraordinàriament gran. Tot i amb això, el prou més proper (però més superficial), gairebé no es veu afectat per un descens del seu nivell, de manera que podem considerar que el nivell d'aigua de recàrrega és inferior i aquest nivell queda "penjat" en la zona saturada.
- Durant l'assaig de bombament, sí que es veu un descens del piezòmetre 1, que es produeix des de l'inici del bombament i continua, amb un increment de pendent en la part final de l'assaig, quan el cabal d'extracció és superior.

Aquest fet ens indica que durant l'assaig de bombament es va desenvolupant un radi d'influència que arriba al pou 1 situat a 3 metres del pou de bombament, donat que aquest piezòmetre 1 és més profund fins hi tot que el propi pou de bombament.

Si ens fixem però en el final de la gràfica:

Podem veure que si bé hi ha un descens pronunciat del nivell piezomètric en el piezòmetre 1 quan el cabal de bombament és elevat i hi ha un descens en el pou de bombament, es veu que ja abans del final de l'assaig i per tant abans d'aturar el bombament, el nivell es queda estable a aproximadament -3 mts. de profunditat.

Aquest fet ens indica que ja estava proper a la seva estabilització i si haguéssim volgut incrementar el descens en el piezòmetre 1, hauríem hagut d'incrementar el cabal de bombament del pou d'extracció, cosa que no era possible tant per la potència de la bomba com per la profunditat del pou d'extracció, que ja estava proper al seu esgotament.

Per tant doncs, podem considerar que l'assaig s'ha realitzat de manera correcta i se n'ha tret el màxim d'informació que era possible amb les característiques del pou de bombament.

Aturada bombeig



Per a aconseguir un assaig amb una resposta superior, caldria que el pou de bombament fos de força profunditat i diàmetre, de l'ordre de mínim 30 metres de profunditat, cosa que no formava part del present projecte la seva execució.

Pel que fa a la recuperació de nivells, la gran part de recuperació, tant el en pou de bombament com en el piezòmetre 1, es dona en les primeres 18 hores. Després, la pendent de la gràfica ja es torna més suau i pràcticament asimptòtica a la part final, aproximadament 30 hores després d'aturar el bombament.

6. RECOMANACIONS GESTIÓ AIGÜES SUBTERRÀNIES

L'objectiu principal del present estudi hidrogeològic era tenir un coneixement de detall del l'origen de les aigües subterrànies existents, la seva tipologia, tipus i comportament de l'aquífer a escala local i regional i finalment, tenir unes pautes que permetin una millor gestió de les aigües subterrànies emergents.

Un cop fets tots els treballs, es constata que el tipus d'aquífer que tenim és de comportament força diferent segons el moment de recàrrega en el que es trobi.

Així, en èpoques de sequera, els nivells acostumen a ser molt baixos i no es donen problemes de surgències d'aigües.

Ara bé, després de un període de pluges perllongades, sobretot en la zona de recàrrega, hi ha un increment de pressió de l'aigua subterrània, donat que és un aquífer confinat per materials impermeables que el segellen.

Aquest fet fa que en aquells punts on no existeix la capa de segell, ja sigui de manera natural (Pou de Madern, pou de l'Estany, basses de Guissona) com per acció de l'home (excavacions profundes, pous de certa profunditat), fa que siguin zones on hi hagi una sortida de l'aigua amb tal pressió que es poden donar surgències de gran cabal i molt perllongades en el temps.

La zona del Parc Arqueològic, és una combinació dels dos entorns. Per una part, de manera natural és una zona deprimida, amb cotes properes a les de les basses del poble, el que fa que el segell impermeable sigui de poca potència i fàcilment desapareix per acció de l'home.

Per altra banda, és una zona construïda per l'home en l'època romana, amb l'execució de pous i de ben segur aprofitant la seva ubicació i surgència d'aigua natural, com ho demostra que s'hi hagin trobat zones de banys de l'època romana.

Tot i que amb recursos molt elevats hi ha moltes solucions possibles per a una gestió de les aigües subterrànies, al nostre entendre hi ha sistemes que no es consideren els més adequats per la viabilitat tècnica o econòmica i de sostenibilitat:

- **Segellat de les zones d'entrada d'aigua:** No es considera una opció viable, ja que parlem de un emplaçament amb valor arqueològic i voldria dir segellar zones de interès.
- **Sistema de pous d'extracció d'aigua:**

Una solució teòricament viable fora l'execució de diferents pous amb forma de malla i la instal·lació de sondes automàtiques de nivell que arrenquessin el sistema de bombes submergibles quan els nivells fossin elevats.

Tot i que aquest sistema sí que fora funcional, presenta un seguit de inconvenients que el fan difícilment viable:

- Caldria una malla molt estreta de pous de bombament, el que implicaria l'execució de pous al mig de diferents llocs de interès arqueològic.

- La instal·lació tindria gran quantitat de canonades i mànegues per a donar corrent al sistema i per a l'evacuació d'aigua.
- Caldria un sistema complex de gestió de les bombes amb un quadre elèctric adient.
- S'extrauria una quantitat d'aigua de moltes desenes de milers de metres cúbics d'aigua diaris quan la pressió de l'aigua de l'aqüífer fos elevada. Caldria veure com es gestiona aquesta aigua, que en qualsevol cas fora un malbaratament gran d'un recurs com és l'aigua subterrània.
- Consum elèctric i de manteniment molt elevat.

Per tot el comentat, no es considera com a solució a aplicar de manera exclusiva.

- **Execució de drenatges**

Una tècnica molt coneguda i treballada en certs llocs és la d'execució de drenatges per tal d'evacuar tota l'aigua que pugui pujar cap a les zones altes del terreny.

Per a fer-ho, es dissenya un mallat de rases que s'omplen de grava convenientment i canonada drenant.

Aquestes canonades, a la fi han de desguassar en algun punt i gestionar l'aigua.

Aquest sistema no es considera viable, ja que implicaria:

- Destrossar el jaciment arqueològic.
- Gestionar un volum d'aigua molt elevat.

Per tant, tots els sistemes tenen per si mateixos problemes en la seva aplicació, de manera que, sota el nostre punt de vista, el més adient és el disseny d'un sistema mixt, tot i que es deixa sempre a criteri de la Direcció del projecte de drenatge la decisió final.

Aquest sistema podria basar-se en:

- Aprofitament dels pous existents

Actualment hi ha diferents pous a la zona del parc arqueològic. Aquests pous, tot i que de profunditat limitada, poden tenir una instal·lació permanent de bombament per a evacuar part de les aigües que hi tinguin entrada, al mateix temps que poden servir com a punts d'emmagatzematge d'aigua drenada superficialment.

- Drenatge superficial

Establir un sistema de pendents i elements que facin circular l'aigua que emergeixi cap a punts concrets i concentrats.

Aquest punts poden ser els pous existents o directament cap a la zona de clavegueram d'aigües netes, però sempre evitant que les aigües circulin per tot el parc i que es generin zones deprimides sense un sistema previst d'evacuació d'aigua, ja sigui preferiblement per gravetat o si no és possible, per un lloc on sigui atrapada i bombejada cap a un altre punt.



En qualsevol cas, el present no va més enllà de ser l'estudi hidrogeològic i donar unes indicacions i limitacions a la resposta hidrogeològica, però no pretén definir el sistema de drenatge més adient, que haurà de ser definit per redactor del projecte.

Per a qualsevol tipus d'aclariment al present informe, restem a la seva disposició

Tàrraga, a 19 de desembre de 2023

Ramon Pérez Mir
Geòleg Col·legiat 2601
Eurogeologist 1563